

دراسات بكالوريوس تكنولوجيا إستصلاح وإستزراع الأراضى الصحراوية

مركز جامعة القاهرة للتعليم المفتوح

مركز جامعة القاهرة للتعليم المفتوح

كيمياء الأراضى

تأليف

دكتور
شفيق إبراهيم عبد العال
أستاذ ورئيس قسم الأراضى
كلية الزراعة - جامعة القاهرة

دكتور
محمد عبد العزيز طه ضيف
أستاذ الأراضى
كلية الزراعة - جامعة القاهرة

دكتور
رضا رجب شاهين
أستاذ الأراضى
كلية الزراعة - جامعة القاهرة

مراجعة

دكتور
إبراهيم محمد حبيب
أستاذ الأراضى
كلية الزراعة - جامعة القاهرة

المحتويات

القسم الثانى

القسم الثالث

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

تتميز الزراعة بأنها أحد أوجه التنمية الاقتصادية وأهمها على الإطلاق ، فهى تحقق التنمية والتقدم ، ولا زراعة بدون مهد وأرض ، فمن الارض تخرج النباتات وعلى النباتات تتغذى الحيوانات والإنسان ، وبعد دورة حياة تطول أو تقصر يعود كل شىء إلى أصله وتتحلل الأجساد والأشجار إلى عناصرها الأولية ليمتصها نبات آخر وتعاد الدورة من جديد ، سنة الله فى خلقه ولن تجد لسنة الله تبديلا .

ولعل القارئ يتساءل عندما يرى قطعة من الأرض خرجت منها أطنان من مختلف المحصولات وهى مازالت باقية لم تتلاشَ أو حتى تتقلص ... ما سر ذلك ؟ وللإجابة على ذلك كان هذا الكتاب الذى نحن بصدده "كيمياء الاراضى " والذى وضع ليحمل بين طياته الاجابة عن هذه الأسئلة وغيرها لطلاب الجامعة المفتوحة.

وكتابنا هذا يتناول بالشرح والتحليل المبسط التفاعلات الكيميائية التى تحدث فى الأرض بين مختلف مكوناتها الصلبة والسائلة والغازية ، ومايطرأ عليها من تغيرات تحت الظروف البيئية المختلفة. ويستلزم ذلك دراسة مكونات التربة دراسة متأنيه حتى يمكن تتبع خصائصها الكيميائية والفيزيو كيميائية ، مع التركيز بصفة أساسية على كيمياء السطوح التى تحكم معظم النشاطات الكيميائية بداخل المعمل الأرضى والتى تؤدى إلى انطلاق العناصر الغذائية فى صور ميسرة للنبات وأيضا بطريقة ومعدلات مقننة .

ونظراً لأن هذا المقرر موجه إلى طلاب الجامعة المفتوحة والدارسين ببكالوريوس «تكنولوجيا استصلاح واستزراع الأراضى الصحراوية "فلقد أفردنا موضوعات خاصة لدراسة كيمياء الأراضى الصحراوية بمختلف أنواعها ، سواء الرملية أو الجيرية أو الطفلية، مستندين إلى خلاصة الخبرات العلمية فى هذا المجال. كذلك تطرقنا إلى استعراض الأسس الكيميائية لاستخدام المهيئات الطبيعية والمخلقة فى تعديل خواص الأراضى الصحراوية بما فيه صالح النبات .

وفى هذه الطبعة للكتاب أجريت تعديلات هامة للتبسيط وتوضيح الأهداف التعليمية والسلوكية لكل جزء من أجزائه ووضع الأمثلة والتطبيقات المحلولة وكذلك الإكثار من الأسئلة المتنوعة والتى بقيام الدارس بحلها يتحقق الهدف المنشود ، وإننا إذ نتقدم بهذا الكتاب "كيمياء الأراضى " فإننا نضيف إلى المكتبة العربية مرجعاً نفتقده وفى أمس الحاجة إليه ، وكذلك من منطلق مسئوليتنا أمام الله سبحانه وتعالى وأمام وطننا العزيز مصر .

والله نسأل أن يوفقنا إلى ما فيه خير بلدنا مصر وطلاب العلم ورواد المعرفة فى سائر البلاد العربية .

المؤلفون

كيف تدرس هذا المقرر

عزيزى الدارس :

تستطيع جنى ثمار هذا المقرر وتفهم مبادئه التى ينبنى عليها فهمك للمقررات الأخرى فى مجال علوم الأراضى وذلك باتباع الإرشادات التالية : -

١ - قبل دراستك للموضوع - اقرأ الأهداف التعليمية والتى يجب عليك تحقيقها فى نهاية كل موضوع.

٢ - روعى فى صياغة أجزاء الكتاب التدرج فى عرض المعلومات فلا ينبغى أن تدرس جزءاً جديداً قبل أن تستوعب الجزء السابق له ، مما سيعطيك فهماً أكبر وأشمل.

٣ - ستجد أن كل موضوع مقسم إلى وحدات صغيرة مكتوبة بأسلوب مبسط ويتخللها أمثلة محلولة مشار إليها بالرمز ? وتطبيقات مشار إليها بالرمز يجب عليك مراجعتها لتوضيح ما قرأت وتثبيت ما فهمت.

٤ - يحتوى شريط الفيديو المصاحب للكتاب على شرح تفصيلى لبعض الأمور، ولذا نقترح عليك مشاهدته ، وذلك بوضع رمز فى المواضع التى تحتاج منك مراجعة الشريط.

٥ - إن شرائط الفيديو هى مكملة وموضحة لبعض جوانب هذا الكتاب ولا تغنى عنه.

٦ - احرص على استيعاب المفاهيم العملية والاختصارات القياسية لبعضها مثل SAR ' ESP ' CEC .... إلخ، وكذلك اعتنِ بمعادلات التفاعلات الكيميائية الواردة فى كل موضوع فهى أساسيَة بالنسبة لمقرر كيمياء الأراضى الذى بين يديك.

٧ - ستجد فى نهاية كل موضوع ملخصا لما درست ثم اسئلة للمراجعة، حاول أن تجيب عليها ، وتأكد من صحة إجابتك لها قبل الانتقال إلى الموضوع التالى، وإلا فراجع قراءة هذا الموضوع مرة أخرى.

- ولك عزيزى الدارس كل التوفيق ،

المؤلفون

ويحسب من التركيزات السابقة كالآتى :

جزء فى المليون = (ملليمكافئ / لتر) × الوزن المكافئ

= (ملليمول / لتر) × الوزن الجزيئى

جزء فى البليون Part per billion (ppb)

تعبير للتركيز الوزنى وهو يعادل ميكروجرام / كيلو جرام ويحسب : -

جزء فى البليون = جزء في المليون × ١٠٠٠

أهم العناصر الشائعة التواجد فى الأراضى ورموزها الكيميائية وأعدادها وأوزانها الذرية

العنصر	الرمز	العدد الذرى	الوزن الذرى	العنصر	الرمز	العدد الذرى	الوزن الذرى
انتيمون *	Sb	٥١	١٢١٫٧	موليبدنم *	Mo	٤٢	٩٥٫٩
باريوم *	Ba	٥٦	١٣٧٫٣	نيكل *	Ni	٢٨	٥٨٫٧
بريليوم	Be	٤	٩٫٠	نيتروجين	N	٧	١٤٫٠
بورون	B	٥	١٠٫٨	أوكسجين	O	٨	١٦٫٠
بروم *	Br	٣٥	٧٩٫٩	فوسفور	P	١٥	٣١٫٠
كادميوم *	Cd	٤٨	١١٢٫٤	بلاتين *	Pt	٧٨	١٩٥٫١
كالسيوم	Ca	٢٠	٤٠٫١	بوتاسيوم	K	١٩	٣٩٫١
كربون	C	٦	١٢٫٠	سيلينيوم *	Se	٣٤	٧٨٫٩
	Cl	١٧	٣٥٫٥	سليكون	Si	١٤	٢٨٫١
كروميوم *	Cr	٢٤	٥٢٫٠	فضة *	Ag	٤٧	١٠٧٫٩
كوبالت *	Co	٢٧	٥٨٫٩	صوديوم	Na	١١	٢٣٫٠
نحاس *	Cu	٢٩	٦٣٫٥	سترانشيوم *	Sr	٣٨	٨٧٫٦
ذهب *	Au	٧٩	١٩٧٫٠	كبريت	S	١٦	٣٢٫١
هيدروجين	H	١	١٫٠	قصدير	Sn	٥٠	١١٨٫٧
يود *	I	٥٣	١٢٦٫٩	تيتانيوم	Ti	٢٢	٤٧٫٩
حديد *	Fe	٢٦	٥٥٫٨	تنجستين *	W	٧٤	١٨٣٫٩
رصاص *	Pb	٨٢	٢٠٧٫٢	فانديوم *	V	٢٣	٥٠٫٩
ليثيوم	Li	٣	٦٫٩	زنك *	Zn	٣٠	٦٥٫٤
ماغنسيوم	Mg	١٢	٢٤٫٣	زركونيوم *	Zr	٤٠	٩١٫٢
منجنيز *	Mn	٢٥	٥٤٫٩	زئبق *	Hg	٨٠	٢٠٠٫٦

* عناصر ثقيلة .

الجدول الدورى للعناصر

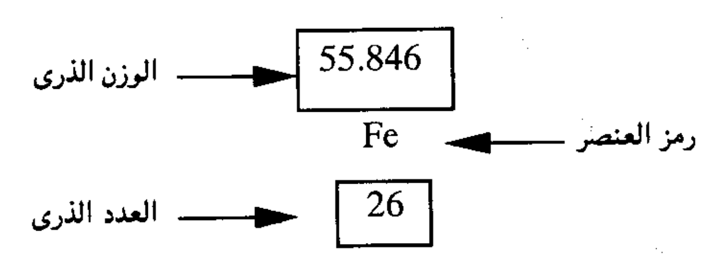
PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

TRANSITION ELEMENTS

PERIODS	IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIIIB			IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
1	H																	He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	**Ac	Rf	Ha													

*Lanthanides	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
**Actinides	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

* مثال :-



القسم الأول

يشمل : -

الباب الأول : مدخل إلى علم كيمياء الأراضى .

الباب الثانى : المكونات الصلبة المعدنية للتربة .



الباب الأول

مدخل إلى علم كيمياء الأراضى

Introduction to Soil Chemistry

الأهداف :

بعد دراسة محتوى هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :-

١ - يُعَرِّف الأرض بطريقة علمية بدون أخطاء.

٢ - يحدد مكونات التربة ونسبها المثلى .

٣ - يستنتج أهمية دراسة كيمياء الأراضى .

٤ - يفسر المقصود بأن الأرض نظام طبيعي مفتوح .

٥ - يذكر أهداف تدريس كيمياء الأراضى .

٦ - يحدد الخصائص المميزة للأراضى الخصبة .

٧ - يرسم أشكالاً تخطيطية لتوضيح بعض الجزيئات المقررة .

العناصر :

١ - مقدمة .

٢ - ماهية الأرض .

٣- مكونات التربة .

٤ - أهداف دراسة كيمياء الأراضى .

٥ - ملخص الباب الأول .

٦ - أسئلة الباب الاول .

الباب الأول

مدخل إلى علم كيمياء الأراضى

Introduction to Soil Chemistry

١-١ مقدمة :

لقد استغلت الأراضى وبصورة مكثفة فى المجال الزراعى لفترة تربو على ٥٥٠٠ سنة على الأقل . وعلم الأراضى - وكما نعرفه اليوم - يتضمن معلومات تجمعت أغلبها فى فترة الـ ٨٠ سنة الاخيرة ، وقبل تعريف الأرض يجب إلقاء بعض الضوء على تركيب أغلفة الكرة الأرضية (شكل ١) .

يمكن النظر للكرة الأرضية على أنها مكونة من أغلفة متداخلة تمثل الحالات الثلاث للمادة ، حيث يمثل الغلاف الجوىAtmosphere الحالة الغازية ، ويمثل الغلاف المائىHydrosphere الحالة السائلة، بينما تمثل الأجزاء الصلبة من الغلاف الصخرى Lithosphere الحالة الصلبة للمادة . وفيما بين الأغلفة هنالك تفاعل وتداخل حيث تتواجد أوجه مختلفة للحياة العضوية فى الأغلفة الثلاث. ويطلق اسم النطاق أو الغلاف الحيوى Biosphere على المجال الملائم للحياة .

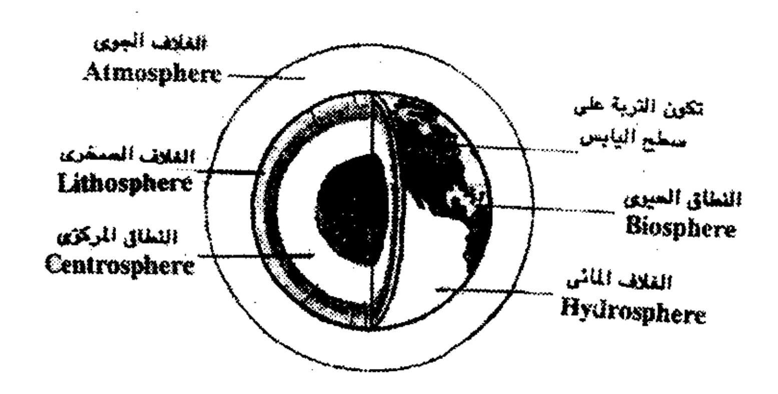
تعريفات :

* الغلاف الجوى Atmosphere طبقة الهواء المحيط بالكرة الأرضية بما فيها من غازات مختلفة أهمها النيتروجين ٧٨٪ والأكسجين ٢١٪ وثانى أكسيد الكربون ٠٣ر٠٪ حجماً إضافة إلى بعض الغازات الأخرى مثل الأرجون والكريبتون والهيدروجين .

* الغلاف المائى Hydrosphere :- كل ما يشغل سطح الكرة الأرضية من مياه المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات وتغطى حوالى ٧١٪ من مساحتها ، هذا إضافة إلى المياه الجوفية .

* الغلاف الصخرى (القشرة الأرضية) (Earth crust) Lithosphere القشرة الصخرية الصلبة الخارجية من الكرة الأرضية ويتراوح سمكها بين ٣٠ الى ١٠٠ كيلو متر معظمها من الصخور النارية (٩٥٪) والباقى صخور رسوبية ومتحولة .
* الغلاف الحيوى Biosphere ما يتواجد على سطح الكرة الأرضية من كائنات حية حيوانية ونباتية راقية ومتدنية .

والعلاقة بين هذه الأغلفة هى علاقة متبادلة ومعقدة ومتداخلة . وكلما يزداد فهم الإنسان للظواهر الطبيعية كلما يكشف تبادلا فى المادة والطاقة بين الأغلفة وهذه العلاقة تفسر الكثير من الظواهر الطبيعية التى كانت مسبباتها مجهولة إلى زمن قريب، ولابد من ملاحظة أن عنصر الأوكسجين يشكل ٩٤ ٪ من الغلاف الصخرى ، و٦٥ ٪ من الغلاف المائى و٢١ ٪ من الغلاف الغازى ، لذلك فهو العنصر الأكثر تواجدا على الأرض .



شكل رقم : (١) الأغلفة والنطاقات المكونة للكرة الأرضية

١-٢ ماهية الأرض Definition of Soil

الأرض Soil عبارة عن المادة المعدنية أو العضوية أو هما معا المفككة من سطح القشرة الأرضية المسئولة عن استمرارية نمو النبات ، وقد يترواح سمك الأرض من سنتيمترات قليلة إلى أمتار عديدة . وتعنى الأرض Soil أنها الوسط الطبيعى لنمو النباتات الأرضية سواء أكانت الأرض مميزة أو غير مميزة إلى آفاق أرضية Soil horizons ، ومن هذا المفهوم فسمك الأرض هو الذى يقدر بعمق المجموع الجذرى للنبات . وحتى وقتنا هذا فهناك اتفاق بين علماء الأراضى بأن الأرض تتكون من الأقدام القليلة من سطح القشرة الأرضية Earth Crust والتى تأثرت أو مازالت واقعة تحت تأثير جذور النباتات .

ولقد قدمت عدة تعريفات ، منها التعريف الامريكى الذى يتلخص فى أن الأرض هى " الجزء السطحى من المواد الأرضية والذى يمتد إلى أقصى عمق تصله الجذور" ويؤخذ على التعريف أنه أغفل العلاقة الوراثية الطبيعية بين الطبقة السطحية للأرض وتحت السطحية Sub-Soil لأرض ما ، ثم ظهر التعريف الروسى الذى ينص على أن الأرض هى " أجسام طبيعية مستقلة كل منها له خصائصه المورفولوجية المميزة والتى هى انعكاس مجموعة العوامل الوراثية مجتمعة والمسئولة عن نشوء الأرض . وقد أفادت هذه النظرية الشاملة فى إمكان التنبؤ بالكثير عن خصائص الأرض وخاصة من الناحية الزراعية .

ويمكن التوصل إلى التعريف الشامل للأراضى فيما يلى :-

تعريف : الأرض نظام طبيعى مفتوح Natural Open System فى وضع مستمر من الفقد والإضافة ، أى أنها تأخذ من النظم الأخرى (الجوية والمائية والبيولوجية) كما وأنها تضيف إلى هذه الأنظمة ويتكون هذا النظام من مخلوط متباين التركيب من معادن فى مراحل مختلفة من التجوية Weathering بفعل العوامل الطبيعية والكيميائية والحيوية وكذلك مواد عضوية فى درجات مختلفة من التحلل Decomposition ويظهر هذا النظام فى شكل مقطع Profile متميز إلى آفاق Horizons حقيقية واضحة أو تخيلية نتجت من التغيرات والتحولات الطبيعية والكيميائية والحيوية المستمرة ، وإذا ما احتوى هذا النظام على الماء والهواء والعناصر الغذائية فإنه يشكل البيئة الطبيعية التى تزود النبات بالدعم الميكانيكى ومتطلبات الحياه والنمو (شكل رقم ٢) حيث :

* التجوية Weathering : جميع التغيرات الفيزيائية والكيميائية التى تطرأ على صخور ومعادن سطح القشرة الأرضية نتيجة لفعاليات العوامل الجوية والحيوية .
* مقطع الأرض Soil Profil : عبارة عن مقطع رأسى خلال طبقات الأرض حتى عمق مادة الأصل أو مستوى الماء الارضى .
* آفق أرضى Soil Horizon : طبقة من مواد الأرض لها خواص فيزيائية أو كيميائية أو حيوية تعكس صفاتها الخارجية تختلف عما فوقها أو أسفلها من طبقات وتكون غالبا موازية لسطح الأرض .

؟ مثال محلول : -

سؤال : ما المقصود بأن الأرض نظام طبيعى مفتوح ؟

الحل : تستقبل التربة مكونات خارجية منها : إضافة مياه الرى بما تحمله من مواد ذائبة ومعلقة وكذلك الأسمدة بأنواعها المختلفة العضوية والمعدنية والبقايا النباتية والكيماويات الزراعية واكتساب الطاقة ، وفى المقابل تفقد التربة بعض مكوناتها عن طريق مياه الصرف الزراعى واستهلاك النباتات بالإضافة إلى الفقد عن طريق انجراف سطح التربة بالرياح أو بالمياه (راجع شكل رقم ١)

والأراضى الخصبة هى تلك التى تجهز النباتات النامية عليها بالظروف الضرورية واللازمة للحصول على حاصل وافر ، ومن هذه الظروف وجود مستوى كاف من العناصر الغذائية والماء والأكسجين وتفاعل وتركيز ملائمين لمحلول التربة وظروف مناسبة للأكسدة والاختزال ، وكذلك عدم وجود المواد السامة فيها وتوفير المواد المشجعة لنمو وتطوير النبات ، وأخيرا تعتبر التربة الوسط الفيزياوى الذى تتغلغل فيه الجذور وتستند عليه النباتات ، لذلك يجب أن تكون التربة فى حالة جيدة من هذه الناحية، وبالتالى فإن هناك عدداً من المتطلبات بالنسبة للخواص الكيمياوية والفيزياوية والتى لها علاقة قوية بالعمليات البايولوجية الجارية فى التربة ، وهذه الصفات الكيمياوية والفيزياوية والبايولوجية هى التى تحدد خصوبة التربة . لذلك فإن الاعتقاد بأن خصوبة التربة هى

مردود لصفاتها الذاتية فقط ، وأن القبول بهذه الفرضية معناه إهمال عامل مهم وهو الفعالية الزراعية للإنسان ، فمن الملاحظ أنه يمكن الحصول على حاصل مختلف من أراضٍ ذات صفات ذاتية متماثلة (وحتى فى ظروف مناخية واحدة). وهذا الاختلاف يعود بالطبع إلى تلك المشاريع التى ينشئها أو يستخدمها الإنسان فى هذه الأراضى وتعتمد هذه المشاريع الزراعية بدورها على المستوى العلمى والتكنيكى وكذلك على العلاقات الاجتماعية السائدة .

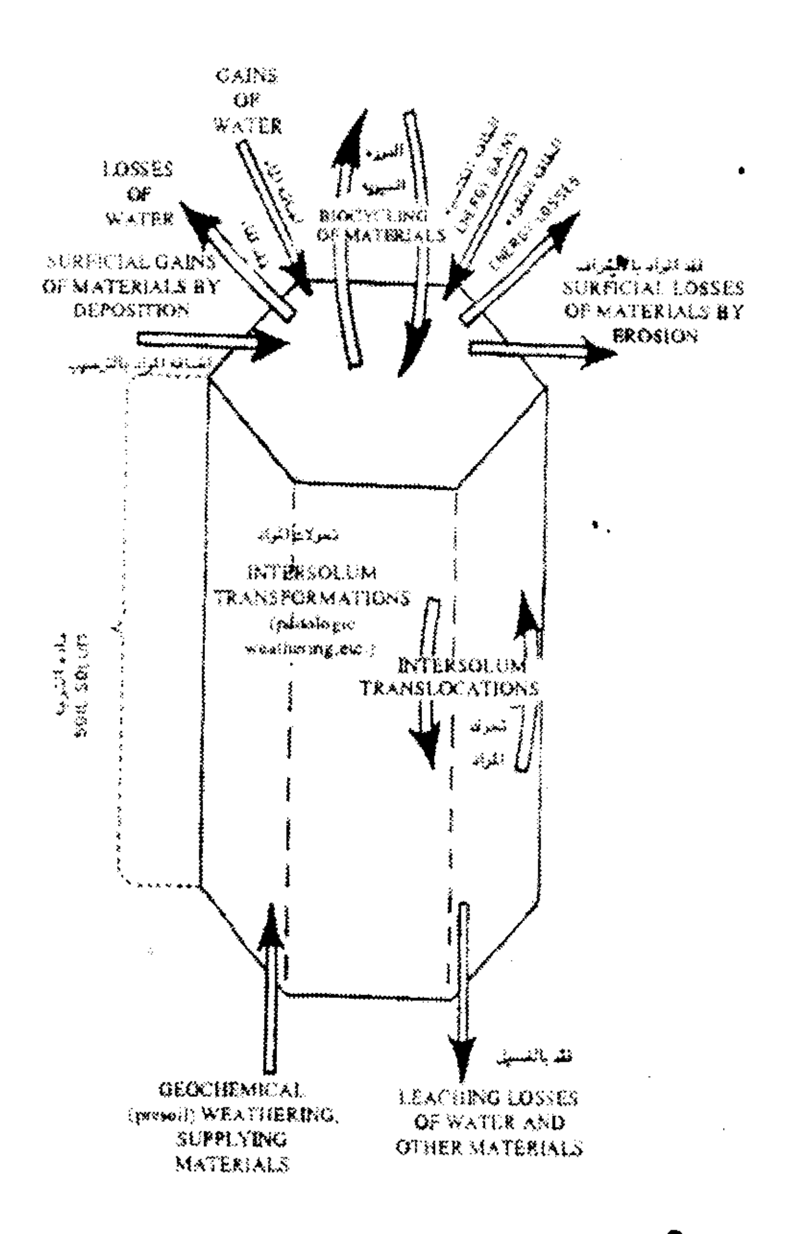
واعتماد التأثير الزراعى على التربة يتطلب المعرفة بحاجة النبات وصفات التربة ، لذلك فإن تطور المعرفة حول التغذية المعدنية أدى إلى أستخدام الأسمدة الكيمياوية .

واذا أخذنا أحد الأشكال الأرضية فى الصحارى وهى الكثبان الرملية Sand dunes فانه ليس فى مقدورها أن توفى باحتياجات الحياة النباتية ولكن بعد التعامل معها بالطرق التى تعمل على تثبيتها وإعاقة حركتها وتلبية احتياجاتها المائية عند الاحتياج ، فيمكن فى هذه الحالة أن تطلق عليها أرضاً.

مثال محلول : - ?

سؤال : فسر العبارة التالية بناء على ما ورد من معلومات فى هذا الباب (... الاعتقاد بأن خصوبة التربة سببها يرجع فقط إلى صفاتها الذاتية هو مفهوم غير شامل ...)

الحل : إن للصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة علاقة قوية مع العمليات البيولوجيه الجارية فيها وهذه بالتالى تتأثر بدور الإنسان فى إجراء العمليات الزراعية بطرق متباينة مما يؤدى إلى الحصول على عائد محصولى مختلف من أراضٍ ذات صفات ذاتية متماثلة حتى تحت الظروف المناخية الواحدة .



شكل رقم : (٢) مخطط يوضح أن مقطع الأرض هو نظام طبيعى مفتوح

١-٣ مكونات التربة

تتكون التربة من ثلاث حالات للمادة وهى :-

أولا :- المكون الصلب Solid phase : يتكون أساساً من جزءين أحدهما : معدنى فى مراحل مختلفة من التجوية للصخور الأصلية ، والآخر عضوى ناتج من بقايا النباتات وجذورها علاوة على نشاط الكائنات الحية والتى تضيف للأرض بقايا أجسامها المتحللة ، ويكون الجزء الصلب أكثر من نصف حجم التربة وأكثر من ٧٥ ٪ من وزنها .

ثانيا :- المكون السائل Liquid phase : هو ما تحتويه التربة من مياه والمكونات الذائبة فيها ويطلق عليه محلول التربة Soil solution.

ثالثا :- المكون الغازى Gaseous phase: عبارة عن مجموعة الغازات التى تتواجد فى الفراغات البينية للتربة ويطلق عليه هواء التربة Soil air.

ويشكل المكونان السائل والغازى معا حوالى نصف حجم التربة الكلى ، وتختلف نسبة كل منهما إلى الآخر حسب ظروف الرى والجفاف نتيجة تسرب الماء بالصرف أو استعماله بواسطة النبات . والمكونات الثلاثة للتربة فى حالة تداخل وتفاعل مستمر نتيجة للعمليات الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية والبيوكيميائية (الشكل رقم ٣) .

١ - ٤ أهداف دراسة كيمياء الأراضى :

تساهم المعرفة بكيمياء الأراضى فى دراسة الخواص الكيميائية لعناصر التربة المختلفة مع محاولة تعديلها إذا لزم الأمر ، لتفى بمتطلبات النبات والعمل على تقليل كمية التلوث الناجمة عن العناصر السامة الموجهة للتربة والمياه .

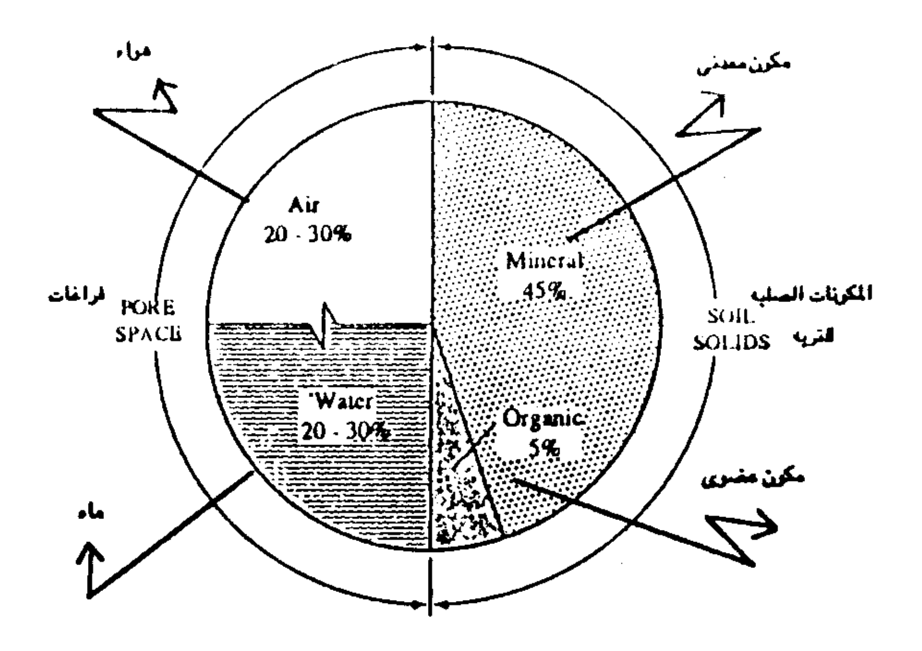
لذلك فإن كيمياء الأراضى تزودك بالمعرفة عن مسار التفاعلات التى تتم على أسطح الحبيبات الغروية فى التربة والتى أهمها الطين Clay والدبال Humus ، حيث إن هذه الغرويات تعتبر الجزء النشط كيميائيا فى التربة مقارنة بغيرها من حبيبات التربة الخشنة (السلت والرمل).

تعريف :

الدبال Humus : المركبات العضوية المتبقية بعد عمليات التحلل البيولوجى للمواد النباتيه والحيوانية الطازجة التى تضاف للأرض . وهى البقايا العضوية المقاومة نسبيا للتحلل فى التربة.

وتساهم كيمياء الأراضى كذلك فى دراسة المشاكل التى تواجه خواص التربة الفيزيائية والمائية والحلول المناسبة لها من خلال برامج الإصلاح الكيميائى للأراضى بغرض تجهيز بيئة ملائمة لنمو النبات .

كما تساهم أيضا فى دراسة التغيرات فى طبيعة العمليات الكيميائية التى تحدثها العمليات الزراعية فى التربة للكشف عن الظروف المثلى لنمو النباتات المختلفة فى الأراضى بأنواعها .



شكل رقم : (٣) يبين التركيب العام لنظام التربة على أساس الحجم



١ - ٥ ملخص الباب الأول

* تتكون الكرة الأرضية Earth من اغلفة متداخلة هى الغلاف الجوى والمائى والصخرى والحيوى ، وهى فى حالة مستمرة من التفاعلات المتبادلة .

*الأرض نظام طبيعى مفتوح فى حالة مستمرة من الفقد والإضافة ومكون من مخلوط متباين التركيب من معادن ومواد عضوية لها مقطع متميز إلى آفاق ويشكل البيئة الطبيعية التى تزود النبات بالدعم الميكانيكى ومتطلبات الحياة والنمو .

* تتكون التربة من ثلاث حالات للمادة هى :المكون الصلب : ويشكل حوالى ٥٠ ٪ من حجم التربه بالاضافة إلى المكونين السائل والغازى ، وجميعهم فى حالة تداخل وتفاعل مستمرين .

* دراسة كيمياء الأراضى لها دورها الهام فى تحديد مشاكل الأراضى وإيجاد الحلول المناسبة لها وكذلك تقييم خصوبة التربة ودراسة نوعيات مياه الرى والعمل على تجنب مخاطر التلوث من مصادره المختلفة .

[?] ١ - ٦ أسئلة الباب الأول

١ - أكمل ما يلى : -

أ - الأوكسجين هو العنصر الأكثر تواجداً فى كوكب الأرض ، حيث إنه يكون حوالى . . . . ٪ من الغلاف الصخرى ، و. . . . ٪ من الغلاف المائى و. . . . ٪ من الغلاف الجوى .

ب - المقطع الأرضى هو . . . .

٢ - ارسم شكلا تخطيطيا يبين ما يأتى :-

أ - الأرض نظام طبيعى مفتوح .

ب - المكونات المختلفة للتربة ونسب تواجدها بالتقريب .

٣ - هناك عدة تعريفات للأرض -ناقشها ثم اذكر تعريفاً شاملاً لها .

٤ - اذكر أهم أهداف دراستك لكيمياء الأراضى من وجهة نظرك .

٥ - اذكر الخصائص المميزة للأراضى الخصبة .



الباب الثانى

المكونات الصلبة المعدنية للتربة

Mineral Solid Components of Soil

الأهداف :

بعد دراسة محتوى هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :-

١ - يقارن بين التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية والتربة الناتجة عليها .

٢ - يصنف المعادن والصخور المكونة للقشرة الأرضية كمورد أصلى للأرض.

٣ - يُعَرِّف كلاً من التجوية الفيزيائية والكيميائية والحيوية بدون أخطاء ودورها فى انفراد العناصر الغذائية وصور تواجدها فى بيئة التربة .

٤ - يستنتج أن ٩٥ ٪ من معادن التربة هى معادن سليكاتية سواء كانت أولية أو ثانوية .

٥ - يحدد كيفية تركيب معادن الطين الأساسية من الصفائح الأساسية المكونة لها .

٦ - يستنتج أن حبيبات التربة تحمل شحنات سالبة بعضها ثابت والآخر متغير.

٧ - يستنبط الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة بمعرفة تركيبها المعدنى.

٨ - يعلل زيادة وقلة نسبة بعض العناصر فى التربة عنها فى القشرة الأرضية.

٩ - يحسب الجهد الأيونى لبعض العناصر .

١٠- يعبر بالمعادلات الكيميائية عن بعض التفاعلات بدون أخطاء .

١١- يميز الرموز البنائية لبعض المعادن .

١٢- يُعَرِّف بعض المفاهيم والمصطلحات التى تساعده على استيعاب خواص المكونات الصلبة المعدنية للتربة .

العناصر :

١ - مقدمة عامة .

٢ - التركيب الكيميائى للقشرة الأرضية والتربة الناتجة عليها .

٣ - التركيب المعدنى للقشرة الأرضية .

٤ - تصنيف المعادن .

٥ - مواد أصل الأراضى .

٦ - التجوية ودورها فى انفراد العناصر الغذائية فى التربة .

٧ - صور تواجد العناصر وانفرادها فى البيئة .

٨ - التركيب المعدنى لحبيبات التربة الحجمية المختلفة .

٩ - مصادر ونوع الشحنات على الجزء المعدنى من التربة .

١٠- أثر التركيب المعدنى على صفات التربة .

١١- ملخص الباب الثانى .

١٢-أسئلة الباب الثانى .

الباب الثانى

المكونات الصلبة المعدنية للتربة

Mineral Solid Components of Soil

٢ - ١ مقدمة :

تتكون التربة نتيجة عمليات تغير طويلة فى مواد الأصل . وتحتوى التربة عادة على نواتج تجوية (Weathering) هذه المواد وكذلك نواتج تحلل الأحياء النباتية والحيوانية . ونتيجة التفاعل والتأثير المتبادل بين المواد المعدنية والعضوية وبمشاركة الأحياء يتكون المركب المعقد للتربة (Soil Complex) ، وترتبط صفات هذا المركب فى ظروف معينة ارتباطا كبيرا بطبيعة المناخ والطبوغرافية وعمليات تكوين التربة .

تعريف :

معقد التربة Soil Complex : هو مادة التربة بما تحتويه من صور المادة المختلفة (صلبة وسائلة وغازية) وبما فيها من نشاط حيوى نباتى وحيوانى .

وتتطلب دراسة العلاقات المختلفة بين النباتات والأراضى الاهتمام بمعرفة خواص وصفات المعادن المكونة للأرض التى تدخل هذه العناصر فى تركيبها ، وليس الاهتمام فقط بالتركيب الكيميائى العام للأرض ، ذلك لأنه لم يمكن إيجاد علاقة مباشرة أو ارتباط وثيق بين نسبة العناصر فى التركيب الكيميائى الكلى للأرض وبين نمو النبات . وقد أدى هذا النوع من المعرفة إلى مفهوم صلاحية Availability أو تيسر العناصر الغذائية للنبات ، والتركيز بصفة خاصة على الصور المختلفة للعنصر فى الأرض وليس على نسبته الكلية فقط . فقد يكون العنصر موجودا فى الأرض بكمية كلية كافية إلا أنه فى صور معدنية أو كيميائية غير متيسرة أو صالحة لاستعمال النباتات .

تعريف :

تيسر العناصر Availability of elements : هى مدى قابلية العناصر الغذائية للامتصاص بواسطة النبات .

إن معرفتنا الحالية بالدور الكبير الذى يلعبه الجزء الغروى فى التربة (حبيبات المعادن والمادة العضوية التى يقل قطرها عن ١ ميكرون) فى كل من تغذية النبات والخواص الفيزيائية للأراضى - مثل النفاذية والقدرة الاحتفاظية بالماء - قد أدت إلى الاهتمام الكبير بدراسة صفات هذا الجزء الغروى من حيث التركيب المعدنى والقواعد التى تتحكم فى سلوكه . وتجدر الإشارة إلى أن المكونات الصلبة للتربة تتكون من جزئين : أحدهما : معدنى والآخر عضوى ولأهمية كل منهما رأينا أن نفرد بابا خاصا لكل جزء حتى يمكن تفهم الموضوع بسهولة ويسر. ويختص هذا الباب بالجزء المعدنى .

٢-٢ التركيب الكيميائى للقشرة الأرضية والتربة الناتجة عنها :-

تتكون القشرة الأرضية بصفة أساسية من ٩٢ عنصرا من عناصر المجموعة الأرضية Lithophile elements الشائعة فى تركيب معادن السليكات فى الأراضى وتدخل هذه العناصر فى تركيب أكثر من ألفين من المركبات الكيميائية أو المعادن Minerals ، إلا أنه ورغم وجود هذا العدد الهائل من العناصر والمعادن ، فإن عددا قليلا منها فقط هو الذى يكون الجزء الأكبر من القشرة الأرضية . وعليه فإن ثمانية عناصر فقط تكون تقريبا ٩٠ ٪ من وزن ومن حجم القشرة الأرضية ، وهذه العناصر الثمانية ذات عدد ذرى Atomic number أقل من ٣٠ وكما هو مبين بالجدول رقم (١).

تعريف :

عناصر المجموعة الأرضية Lithophile elements : عبارة عن العناصر التى مصدرها صخور ومعادن القشرة الأرضية ، وهى حوالى ٩٢ عنصراً .

جدول رقم (١) : متوسط نسبة العناصر الكيميائية فى القشرة الأرضية والتربة .

العنصر	الرمز	العدد الذرى	نصف قطر الذرة انجستروم	اللايثوسفير		التربة وزنا٪	العنصر	اللايثوسفير وزنا ٪	التربة وزنا ٪
				حجما٪	وزنا٪				
الأوكسيچين	O	٨	١,٤٠	٩٣,٧٧	٤٧,٢	٤٩,٠	الكربون*	٠,١	٢,٠٠
السليكون	Si	١٤	٠,٤٢	٠,٨٦	٢٧,٦	٣٣,٠	الكبريت	٠,٠٩	٠,٠٨٥
الألمنيوم	Al	١٣	٠,٥١	٠,٤٧	٨,٨	٧,١٣	المنجنيز	٠,٠٩	٠,٠٨٥
الحديد	Fe	٢٦	٠,٧٤	٠,٤٣	٥,١	٣,٨	الفسفور	٠,٠٨	٠,٠٨
الكالسيوم	Ca	٢٠	٠,٩٩	١,٠٣	٣,٦	١,٣٧	النيتروچين	٠,٠٠١	٠,٠١
الصوديوم	Na	١١	٠,٩٧	١,٣٢	٢,٦٤	٠,٦٣	النحاس	٠,٠١	٠,٠٠٢
البوتاسيوم	K	١٩	١,٣٣	١,٨٣	٢,٦	١,٣٦	الزنك	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥
المغنسيوم	Mg	١٢	٠,٦٦	٠,٢٩	٢,١	٠,٦	الكوبلت	٠,٠٠٣	٠,٠٠١
التيتانيوم	Ti	٢٢	٠,٤	٠,٢٠	٠,٦	٠,٤٦	البورون	٠,٠٠٠٣	٠,٠٠١
الهيدروچين	H	١	–	–	(٠,١٥)	؟	الموليدنيوم	٠,٠٠٠٣	٠,٠٠٠٣

ومن الملاحظات الهامة بهذا الخصوص ، نجد أن عنصر الأوكسجين يكون أكثر من ٩٠٪ من حجم القشرة الأرضية بالرغم من أنه أقل قليلا من نصفها وزنا ، وذلك يعود إلى حجمه الايونى الكبير مقارنة بالعناصر الأخرى ، كما نلاحظ أن عنصرى الأوكسجين والسيليكون يكونانّ ٧٥٪ من وزن القشرة الارضية وحوالى ٩٥٪ من حجمها ، وعلية فمن الطبيعى أن تكون معظم المعادن المكونة للقشرة الأرضية تحتوى على هذين العنصرين. وهذه المعادن والتى تسمى بالسيليكات Silicates وتكون إما بالصورة الحرة SiO_2 أو متحدة مع واحد أو أكثر من العناصر الستة الأخرى (أو العناصر الأخرى قليلة الوجود) ، كما نلاحظ أن الأوكسجين يشكل حوالى نصف وزن اللايثوسفير (٤٧٫٢٪) ويليه السليكون الذى يكون ربع اللايثوسفير ٢٧٫٦٪ ، ويحتل المرتبة الثالثة والرابعة بعد الاكسجين والسليكون كل من الألمنيوم والحديد ويشكلان معًا أكثر من ١٣٪ . ويشكل كل من الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم فى اللايثوسفير نسبة مئوية تساوى ٢-٣٪ أما باقى العناصر فتوجد فى اللايثوسفير بكمية أقل من ١٪ ويدخل ضمنها العناصر المهمة فى تغذية النبات مثل الكربون والهيدروجين والنتروجين والكبريت والفوسفور والمنجنيز . وتوجد العناصر الصغرى أو النادرة Micro elements -مثل النحاس والزنك والكوبلت والمولبدنيوم وغيرها من العناصر- بكميات قليلة .

تعريف :-
العناصر الصغرى Micro elements : عبارة عن العناصر الغذائية الأساسية والتى يحتاجها النبات بتركيزات ضئيلة لإكمال دورة حياته.

وتختلف الأراضى بدرجة ملحوظة عن تركيب اللايثوسفير . فنلاحظ أن الأوكسجين والهيدروجين لهما أهمية كبيرة فى الأراضى باعتبارهما عنصرى الماء الذى لايوجد فى الصخور النارية . كذلك نلاحظ أن مستوى الكربون والنتروجين فى الأراضى أعلى مما فى اللايثوسفير (الكربون أكثر ٢٠ مرة والنتروجين أكثر بـ ١٠ مرات) . ويعود ذلك إلى أن الأراضى تعتبر ضمن الغلاف الحيوى وتحتوى على المادة العضوية . وفى نفس الوقت فإن نسبة كل من الألمنيوم والحديد والكالسيوم والبوتاسيوم والمنجنيز فى الأراضى أقل منها فى اللايثوسفير . ويسلك كل عنصر من هذه العناصر سلوكا مختلفا طبقاً لسلوكه فى عملية التجوية وتكوين الأراضى .

? **سؤال** : علل زيادة الأوكسجين والكربون والنتروجين فى التربة عنها فى القشرة الأرضية ؟

الاجابة :ذلك لأن التربة تحتوى على ماء ومادة عضوية تؤدى إلى رفع محتواها من الكربون إلى ٢٠ ضعف والنتروجين ١٠ أضعاف تلك الموجودة فى صخور القشرة الأرضية .

٢-٣ التركيب المعدنى للقشرة الأرضية

تتواجد معظم العناصر السابق ذكرها فى صورة اتحادات بين عنصرين أو أكثر مكونة مركبات يطلق عليها المعادن ، ومخلوط هذه المعادن والذى يوجد فى الطبيعة يسمى صخرا Rock .

* المعدن Mineral : جسم طبيعى غير عضوى له تركيب كيميائى ثابت ومتجانس ، وله شكل بللورى محدد يعكس صفات فيزيائية ثابتة .

* الصخر Rock : جسم طبيعى غير عضوى مكون من معدن واحد متعدد الشوائب وغير متجانس ، أو من مخلوط من المعادن المتقاربة فى ظروف نشأتها .

وبناء على تعريف المعدن السابق ذكره ، فإن أية مادة تصنع فى المختبر(أى غير طبيعية) ليست معدنا ، كما وأن أية مادة ليست صلبة (أى فى الحالة السائلة أو

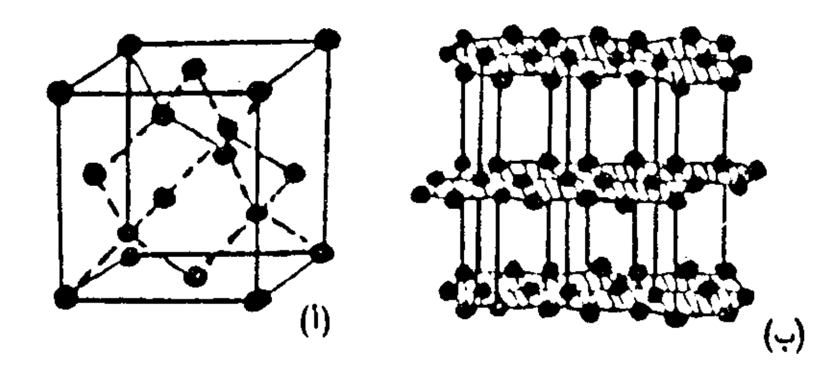
الغازيه) وأية مادة عضوية ليست معدنا . حيث ويجب انطباق الشروط الثلاثة (الترتيب الداخلي للذرات ، والتركيب الكيماوى والصفات الفيزيائية) على أية مادة معدنية .

إن التركيب البللورى لأى معدن يعتبر مميزا له ، ويفرقه عن المعادن الأخرى حتى ولو كانت لها نفس التركيب الكيميائى مثل كل من الماس Diamond الذى هو أصلب مادة طبيعية والجرافيت Graphite الذى يعتبر من المواد الهشة جدا حيث يتكون من نفس العنصر وهو الكربون ، إلا أن تركيبهما الذرى يختلف وأن التكرر الذى يحدث فى الذرات والمستويات التى تكونها يؤديان إلى شكل خارجى معين إذا كانت ظروف تكون المعدن مواتية لذلك (الشكل ٤).

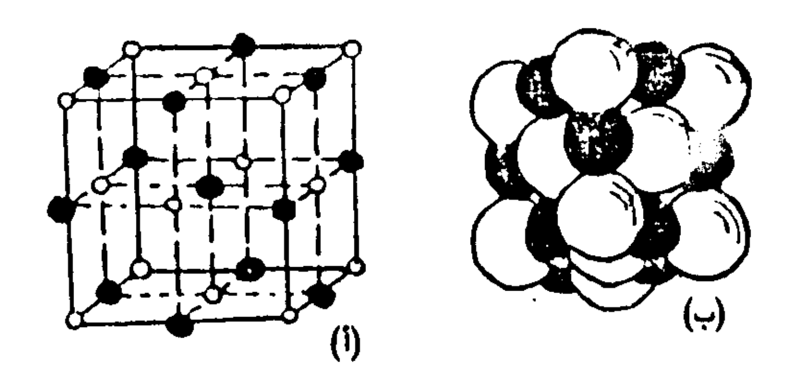
وإذا تناولنا الشق الآخر من تعريف المعدن لرأينا أن المعدن له تركيب كيماوي محدد ولو أمعنا النظر فيما سبق أن شرحناه حول التركيب البللورى للمعدن لرأينا أن التركيب الكيماوى المحدد هو نتيجة طبيعية لذلك ،فلقد رأينا أن الذرات لها أماكن ثابتة فى البنية الذرية للمعدن ، وأنها تتكرر بانتظام ووفق تناظر معين ، ورأينا أن هناك وحدة صغيرة سميناها وحدة الخلية وهى التى تكون وحدة البناء البللورى وأنها تتكرر فى الاتجاهات بصورة لانهائية تقريبا على المقياس الذرى لتكون البللورة أو المعدن . وبما ان كل ذرة لها مكان معين فى التركيب البللورى ولذا فإنه من الطبيعى أن يكون التركيب الكيماوى للمعدن محددا فمثلا ملح الطعام أو معدن الهاليت (NaCl) يتبلور فى النظام المكعبى ووحدة الخلية فيه تحتوى على أربع صيغ كيماوية له (الشكل ٥) .

٢-٤ تصنيف المعادن Classification of minerals

يوجد فى الطبيعة أكثر من ألفى معدن ولكن المعادن الأكثر تواجدا وأساسية فى تكوين الصخور لاتعدو عشرين معدنا فقط ويمكن تصنيفها كما هو وارد فى الجدولين رقمى (٢) ، (٣) ، ويمكن مراجعة شريط الفيديو لمشاهدة نماذج حية من المعادن الهامة فى الأراضى .



شكل رقم : (٤) التركيب الداخلى لمعدنى (أ) الماس (ب) الجرافيت



شكل رقم : (٥) ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) . الدوائر السوداء تمثل الصوديوم والدوائر البيضاء تمثل ذرات الكلورين

جدول رقم (٢): أهم المجموعات التصنيفية للمعادن المكونة للقشرة الأرضية

المجموعة		بعض الأمثلة المهمة والتركيب الكيماوى	
العناصر الحرة Native elements	الذهب	Au	Gold
	النحاس	Cu	Copper
	الحديد	Fe	Iron
	الكبريت	S	Sulfur
الكبريتيدات Sulphides	الجالينا	Pbs	Galena
	البيريت	FeS_2	Pyrite
الأكاسيد والأيدروكسيدات Oxides and Hydroxides	الماجنيتيت	Fe_3O_4	Magnitite
	الكوراندم	AL_2O_3	Corundum
	الهيماتيت	Fe_2O_3	Hematite
	البروسيت	$Mg(OH)_2$	Brucite
الهاليدات Halides	الهاليت	$Na\ CL$	Halite
	الفلوريت	CaF_2	Fluorite
الكربونات Carbonates	الكالسيت	$Ca\ CO_3$	Calcite
	الدولوميت	$(Ca, Mg)\ (CO_3)_2$	Dolomite
الكبريتات Sulphates	الانهيدريت	$CaSO_4$	Anhydrite
	الجبس	$CaSO_4 .2H_2O$	Gypsum
الفوسفات Phosphates	الأباتيت	$Ca_5\ F(PO_4)_3$	Apatite
السليكات Silicates	الكوارتز	$Si\ O_2$	Quartz
	الاورثوكلاز	$K\ Al\ Si_3\ O_8$	Orthoclase
	الألبيت	$Na\ Al\ Si_3\ O_8$	Albite
	وغيرها كثير		

تعريفات :

* العناصر الحرة Native elements: العناصر التى يمكن أن تتواجد فى صوره حرة فى الطبيعة وغير متحدة مع عناصر أخرى مثل الذهب .

* الكبريتيدات Sulphides: مجموعة المعادن ذات التركيب الكيميائى المكون من إتحاد العنصر مع شق الكبريتيد (S^-) .

* الأكاسيد : Oxides: مجموعة المعادن التى تتحد عناصرها مع الأكسجين .

* الهاليدات : Halides: مجموعة المعادن التى تتحد عناصرها مع الكلوريد أو الفلوريد أو البروميد .

* الكربونات Carbonates : مجموعة المعادن التى تعتبر أملاح حمض الكربونيك H_2CO_3 .

* الكبريتات Sulphates: مجموعة المعادن المكونه من أملاح حمض الكبريتيك H_2SO_4.

* الفوسفات Phosphates: مجموعة المعادن المكونة من أملاح حمض الفوسفوريك H_3PO_4.

* السليكات Silicates: مجموعة المعادن المشتقة من مركبات حمض الأرثوسليكات H_4SiO_4

جدول رقم (٣): أهم المعادن الأولية والثانوية المكونة للاراضى

الأســــم	التركيب البنائى (المعادلة البنائية)	تعقيــــــب
	المعادن الأولية (الإبتدائية)	
الكوارتز	SiO_2	صلد، يتجوى ببطء، أهم معادن الرمال (أنظر المعادن الجديدة الثانوية)
الفلسبارات:-		صلد، يتجوى بحالة بطيئة إلى متوسطة وتقدم أهم المغذيات والطين فى نواتج التجوية
أرثوكلاز	$K AL Si_3 O_8$	
بلاجيوكليز	$(Ca, Na) AL (AL,Si) Si_2O_8$	
الميكات:-		منتشرة فى الصخور والرمال المبتلة وتعتبر مصدراً هاما للبوتاسيوم والطين
المسكوفيت	$KAL_3Si_3O_{10}$	
البيوتيت	$KAL (Mg,Fe)_3Si\ _3O_{10}$	
المعادن المعتمة:- الأوجيت، والهورنبلند والبيوتيت، والميكات وآخرون	$Ca_2(AL,FE)(Mg,Fe)_4$ $Si\ _6O_{24}$	وتشتمل على العديد من المعادن والتى تتجوى أسرع بشكل متوسط، وتعتبر مصادر جيدة للطين.
أباتيت	$3Ca_3 (PO_4)_2(CaFe_2)$	من أهم المعادن الشائعة للإمداد بالفسفور.
كالسيت، دولوميت، جبس (أنظر المعادن الثانوية)		وهذه قد تكون ذات أصل أولى (إبتدائى أو ثانوى)
	المعادن الثانوية (الجديدة)	
الكالسيت	$CaCO_3$	مواد ذات درجة ذوبان قليلة فى الاحجار الجيرية أو الصخور الدولوماتية، شائعة فى أراضى المناطق الجافة وهى مصادر للكالسيوم والمغنسيوم.
الدولوميت	$(Ca, Mg) (CO_3)_2$	
الجبس	$CaSO_4, 2H_2O$	ناعم (مسحوق، معدن متوسط الذوبان) يتواجد فى أراضى المناطق الجافة
أكاسيد الحديد	$Fe_2O_3. nH_2O$	هى مجموعة من المعادن : ذات محتوى متباين من الماء وتعطى الأراضى الألوان من الأصفر إلى الأحمر وهى مصدر للحديد
الأوبال	$Si O_2. nH_2O$	صور معاد ترسيبها مثل الأوبال، العقيق، الخشب المتحجر (أنظر المعادن الابتدائية)
معادن الطين : -الكاؤولينيت -المونتموريللونيت	معقد	انظر آخر هذا الباب

تعريفات

* المعادن الأولية (الابتدائية) Primary Minerals: معادن موروثة من المادة الأصلية للأرض دون أن تعانى من تغيير فى تركيبها الكيميائى أو البللورى وعادة ماتكون مقاومة للتجوية.

* المعادن الثانوية (الجديدة) Secondary Minerals: مجموعة المعادن التى تتكون فى التربة نتيجة نشاط عمليات التجوية ولم تكن موجودة فى مادة الأصل .

* الفلسبارات Feldspars : معادن تتبع مجموعة السليكات الإطارية وتكون إما بوتاسية أوصودية أو كلسية كما هو فى معادن الأرثوكلاز والالبيت والأنورثيت على التوالى .

* الميكات Micas: معادن صفائحية تتكون من رقائق ومنها الميكات البيضاء وهى المسكوفيت والميكا السوداء وهى البيوتيت وتعتبر من المصادر الهامه للبوتاسيوم فى الأرض.

* المعادن المعتمة Opaque Minerals: مجموعة المعادن غير الشفافة والتى لا تسمح بنفاذ الضوء من خلالها مثل معادن آكاسيد الحديد.

٢ - ٥ مواد أصل الأراضى Parent Materials of Soils

مادة أصل الاراضى Soil Parent material هى الصخور الأصلية المكونة للقشرة الأرضية وتضم الصخور النارية والرسوبية والمتحولة والتى تتكون منها الأرض Soil بعد سلسلة من التحولات التى يتحكم فيها عوامل تكوين الأراضى Soil forming Factors ، ويمكن تقسيم مواد أصل الأراضى تبعاً لنشأتها إلى ثلاث مجموعات كما يلى:-

١ - الصخور النارية Igneous rocks : وهى الصخور التى تجمدت من المواد المنصهرة فى باطن الأرض Earth والتى يطلق عليها مجما Magma أو لاڤا Lava نتيجة تعرضها لاى من عوامل التبريد ، ومثال ذلك صخور الجرانيت والبازلت .

وقد تقسم الصخور النارية حسب أماكن تجمدها فى القشرة الأرضية الى : -

أ - صخور نارية بركانية Volcanic أو سطحية Extrusive وهى الناتجة من التبريد المفاجىء للمصهور البركانى عند تعرضه للهواء الجوى وتكون ذات نسيج

زجاجى غير متبلور أو ذات بللورات دقيقة جدا وهى تتواجد على سطح القشرة الأرضية.

ب - صخور نارية جوفية Plutonic أو داخلية Intrusive وهى الناتجة من التبريد البطيء للمجما على أعماق مختلفة من القشرة الأرضية ، وتكون بللورات المعادن المكونه لها كبيرة الحجم ، وقد يتعاقب فيها التبريد السريع والبطيء فيتكون نوع من الصخور لها نسيج بورفيرى Porphyric Structure ، والتى تحتوى على خليط من البللورات الكبيرة والصغيرة .

وتختلف الصخور النارية فيما بينها فى التركيب المعدنى والكيميائى حسب تركيب المصهورات الصخرية وظروف تبريدها وتصليبها ، ولذا فإنها تقسم من الناحية الكيميائية وحسب محتواها من ثانى أكسيد السليكون SiO_2 إلى المجموعات التالية:-

أ - صخور حامضية : وهى الصخور التى نسبة SiO_2 أكثر من ٦٥٪ ، ويتواجد فيها معدن الكوارتز بصورة حرة ومن أمثلتها صخر الجرانيت Granite.

ب - صخور متعادلة (متوسطة) : - وهى التى بها نسبة SiO_2 فى النطاق من ٥٢ - ٦٥ ٪ ولا يوجد بها كوارتز حر ومن أمثلتها صخور الديوريت Diorite.

جـ - صخور قاعدية : وهى الصخور التى بها نسبة SiO_2 أقل من٥٢٪ وتوجد بها اكاسيد سداسية فى صورة حرة (أكاسيد الحديد والألومنيوم)، ومن أمثلتها صخر البازلت Basalt.

وتكون الصخور النارية حوالى ٩٥ ٪ من القشرة الأرضية Earth Crust .

٢ - الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks وتشمل جميع المواد الارضيه التى ترسبت بواسطة عوامل الطبيعة مثل المياه والرياح والثلج والنباتات والحيوانات ومن أمثلتها الحجر الرملى والحجر الجيرى والطين . ويمكن النظر إلى التربة على أنها صخراً رسوبيا بل أن التربة تعتبر مصدرا هاما لتكوين الصخور الرسوبية فى الدورة الجيوكيميائية فى الطبيعه. ولقد كانت فى وقت من الأوقات صخر أو حبيبات معدنية أو مواد ذائبة ما لبثت أن تماسكت أو التحمت وتحولت إلى كتل صلبة ، وتساهم المادة اللاحمة فى جزء من تسمية الصخور الرسوبية مثل الصخور الجيرية Calcareous كما فى حالة تواجد الكربونات فى الأحجار الرملية الجيرية وكذلك الصخور الحديدية Ferroginous إذا كانت أكاسيد الحديد هى المادة اللاحمة وأيضا الصخور السليكاتية Siliceous فى حالة ما تكون السليكا SiO_2 هى المادة اللاحمة .

وتبلغ نسبة الصخور الرسوبية فى القشرة الأرضية حوالى ٤,٥ ٪ إلا إنها تعتبر أهم مواد أصل الأرض وذلك لأنها تغطى نسبة كبيرة (حوالى ٧٥ ٪) من مساحة اليابسة على سطح الكرة الأرضية .

٣- الصخور المتحولة Metamorphic Rocks وهى صخور كانت فى أول تكوينها إما نارية أو رسوبية ثم تأثرت بعوامل أدت إلى تعرضها اما لحرارة مرتفعة او لضغط شديد او للاثنين معا مما ادى إلى تحولها إلى صخر ذى معالم جديدة ليست للصخر الأصلى ومن أمثلتها الشست والنيس .

وتتميز الصخور المتحولة Metamorphic Rocks بصلادتها أكثر من الصخور النارية أو الرسوبية أو حتى التى نشأ منه الصخر المتحول والذى بتجويته يعطى أراضى متماثلة ، وتبلغ نسبتها فى القشرة الأرضية حوالى ٠,٥ ٪ .

? سؤال : علل

رغم أن الصخور الرسوبية لا تشكل أكثر من ٤,٥ ٪ من القشرة الأرضية إلا أنها تعتبر أهم مواد أصل الأرض .

الإجابة : وذلك لأنها تغطى حوالى ٧٥ ٪ من سطح اليابس للكرة الأرضية والأرض تتكون على الطبقة السطحية الرقيقة من القشرة الأرضية .

تعاريف : -

* **الصخور النارية النشأة Igneous :** والناتج من برودة المواد المنصهرة فى باطن الأرض والمتجهة إلى السطح يطلق عليها Magma ومنها ما يتكون على سطح الأرض مكونة الصخور البركانية السطحية Extrusive أو تبرد فى أعماق القشرة الأرضية مكونة الصخور الجوفية Intrusive والتى قد تتكون من بللورات صغيرة وأخرى كبيرة وتعرف بالنسيج البورفيرى Porphyric Structure

* **الصخور الرسوبية Sedimentary Rocks :** صخور متكونة نتيجة ترسيب وتصلب فتات الصخور النارية أو المتحولة ، وتصنف حسب نوع مادتها ، فإذا كانت طينية أطلق عليها رواسب طفلية Shale Formations والتى يسود بها الرمال تسمى أحجاراً رملية Sand Stones والتى يسود بها كربونات الكالسيوم تسمى الأحجار الجيرية Lime Stones وإذا ساد الدولوميت أطلق عليها الأحجار الدولوماتية Dolomites .

*** الصخور المتحولة Metamorphic Rocks :** صخور نارية أو رسوبية تحولت تحت تأثير الضغط أو الحرارة الشديدين أو كلاهما معا واحتفاظها بذات التركيب المعدنى مع اختلاف خواصها الميكانيكية (نسيجها).

وعلى مدى ملايين السنين التى مرت على تكوين القشرة الأرضية طرأت العديد من التغيرات والتحولات على الصخور الأرضية نتيجة التداخل والتفاعل الحادث بين نطاقات الأرض الصخرية Lithosphere والجوية Atmosphere والمائية Hdrosphere والحيوية Biosphere، ويطلق على هذه التغيرات عمليات التجوية Weathering Processes.

٢ - ٦ التجوية ودورها فى انفراد العناصر الغذائية فى التربة :

تعرف التجوية Weathering بأنها العمليات الفيزياوية والكيماوية التى تؤثر وتبدل بفيزياوية وكيمياوية الصخور المتواجدة على سطح الأرض وتحتاج هذه العمليات إلى مصدر للطاقة . والمصدر هنا هو الأشعة الشمسية ، فحركة المياه على السطح او خلال التربة أو تجمدها ، كل هذا يرتبط بصورة مباشرة أو غير مباشرة بالطاقة الشمسية . والتجوية هى إحدى العمليات المهمة جدا لاستمرارية الحياة المتطورة على سطح الأرض ، أى أن التربة هى حصيلة عمليات التجوية ، والتربة - كما هو معروف - تعتبر الأساس لنمو النباتات التى بدورها تشكل عنصرا مهما من عناصر الدورة الحياتية على الكرة الأرضية ، هذا بالاضافة إلى أن كثيراً من العناصر الضرورية للحياة تنتقل من الصخور إلى المياه الضحلة كنتيجة طبيعية لعمليات التجوية . وتساعد التجوية كذلك على تكوين المعادن والرواسب الاقتصادية كالطين والألومنيوم مثلا . ويمكن إيجاز أنواع التجوية فى الآتى:-

أ - التجوية الفيزيائية والميكانيكية Physical Weathering :

وهى عبارة عن تهشم وتكسر صخور ومعادن مواد أصل الأراضى بفعل العوامل الجوية المختلفة من حرارة وأمطار ورياح وتأثيراتها الميكانيكية مسببة تفتت الصخور الصلبة إلى فتات يزداد معه مساحة السطوح لنفس الكتلة من الصخور مما يهيئ الظروف لعمل التجوية الكيميائية، ويجب ملاحظة أن التجوية الفيزيائية لا يصاحبها أى تغير فى التركيب الكيميائى أو المعدنى للصخر الأصلى، وتتم التجوية الفيزيائية بواسطة العمليات الآتية : -

١ - التجمد والاذابة : حيث تعتبر قوة التمدد التى يحدثها الماء عند تجميده كافية لتجزئة المعادن إو الصخور . فتجمد الماء يسبب ضغطاً يساوى ١٤٦ كيلو جراما/سم ٢.

٢ - عملية الطحن (السحق) : إن عملية احتكاك الصخور المتحركة أو حبيبات التربة ضد بعضها البعض والناتجة بفعل المياه أو الرياح أو الجليد أو الجاذبية أو الفعل المختلط للأرض حيث ينتج تأثير تفتيتى قوى .

٣ - تأثير الأحياء (النباتات ، الحيوانات ، الإنسان) : حيث يكون لجذور النباتات النامية القدرة على شطر العديد من الصخور، كما أن للحيوانات الحفارة دوراً كبيراً فى التفتيت الفيزيائى إضافة إلى عملية التعجيل التى يسببها الإنسان فى عمليات التجوية الفيزيائية البطيئة وذلك بعمليات الحرث والزراعة .

والتجوية الفيزيائية هى تلك العملية البطيئة والتى تسبب تغيير فى الحجم فقط وعليه تتيح الفرصة للتأثير الكيميائى عن طريق حدوث تعريض اكثر للسطوح القابلة للتفاعلات وعلى العكس فإننا نجد أن التغيرات الكيميائية غالبا ما تكون أسرع ، وتسبب التجوية الكيميائية تغييرات فى التركيب الكيميائى للمادة نفسها عن طريق إضافة أوكسجين أو ماء مما يسبب كذلك تغيرات حجمية .

ب - التجوية الكيميائية Chemical Weathering

تعمل التجوية الكيميائية على اذابة المعادن وعلى حدوث تحولات فى بنائها المعدنى وتركيبها الكيميائى مما يسبب سهولة تفتيتها ، إضافة إلى أنه يصاحب هذه العملية تكوين مواد جديدة لم تكن موجودة أصلا وتتم التجوية الكيميائية بالطرق التالية:-

١ - عملية الإذابة Solubility

هى إذابة جسم صلب قابل للذوبان فى سائل ما (غالبا الماء) ، وعليه فإن المواد الصلبة المنعزلة تتحول إلى أيونات ذائبة محاطة بجزيئات من السائل ويمكن توضيح ذلك بالمعادلة التالية : -

$$NaCl + H_2O \longrightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$$

كلوريد صوديوم ماء ايون صوديوم أيون كلوريد ماء

٢ - عملية التأدرت Hydration

هى عملية ارتباط المادة الكيميائية الصلبة مثل المعدن أو الملح بالماء ، ويرتبط ماء التأدرت بالمتغيرات المعدنية والبناء المعدنى مسببا زيادة حجمية ، وعليه يصبح أنعم وأقل إنضغاطا وأسهل فى انهدامه.

$$2Fe_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2Fe_2O_3.3H_2O$$

هيماتيت ماء ليمونيت

$$Ca\,SO_4 + 2H_2O \longrightarrow Ca\,SO_4.2H_2O$$

أنهيدريت ماء جبس

ومعدن الجبس الناتج يذوب نسبياً بسرعة فى الماء بالإضافة إلى التغير الحاصل فى الحجم وهذه التحولات الكيميائية فى المعادن التى تكونت أثناء عمليات التجوية وتكوين الأراضى تسمى بالمعادن الجديدة New minerals أو الثانوية .

٣ - عملية التحلل المائى Hydrolysis

وهى سلسلة من التحللات والتى يحدث فيها تجزئة جزىء الماء ، فهى تفاعل المواد مع الماء لتكوين هيدروكسيدات ومواد جديدة أخرى غالبا ما تكون أكثر ذوبانا من الحالة الأصلية ، وهى تعتبر واحدة من أهم عمليات التجوية والتى تسبب تغيرات القطاع الأرضى ، والتوضيح التالى يبين أثر الماء على الفلسبار الارثوكلازى الشائع التواجد فى الصخور النارية :-

$$K\,Al\,Si_3\,O_8 + H\,OH \longrightarrow H\,Al\,Si_3\,O_8 + K\,OH$$

أرثوكلاز ماء طين سليكاتى حامضى هيدروكسيد بوتاسيوم

٤ - عملية الإشباع بثانى أكسيد الكربون Carbonation

هى التفاعل مع حامض الكربونيك ($H_2\,CO_3$) ، ذلك الحامض الضعيف الذى ينتج من إذابة غاز ثانى أكسيد الكربون فى الماء. ويأتى ثانى أكسيد الكربون جزئيا من الجو ولكن أغلبه من التنفس البيولوجى أثناء تحلل المادة العضوية ويعمل حامض

الكربونيك على الإسراع من إذابة المعادن عن الماء بمفرده مكونا بيكربونات ذائبة، ويتم ذلك تبعا للمعادلات التالية : -

$$CO_2 + H_2O \longrightarrow H_2CO_3$$

ثانى أكسيد الكربون ماء حمض الكربونيك

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \longrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

كربونات كالسيوم حمض الكربونيك بيكربونات كالسيوم

وتعتبر عمليات التحلل المائى والإشباع بثانى أكسيد الكربون من أهم عمليات التجوية الكيميائية.

٥ - عملية الأكسدة والإختزال Oxidation - Reduction

وهى تتم نتيجة انتقال الالكترونات بين الذرات أو الأيونات Electron Transfer، والذرة أو الأيون التى تفقد الألكترون تكون فى حالة أكسدة بينما التى تكتسب هذا الألكترون تكون فى حالة اختزال ، والمعادلة العامة التالية توضح ذلك.

$$M^{(n)+} + R^{(n)-} \longrightarrow M^{(n-1)+} + R^{(n+1)-}$$

é

انتقال الكترون — العنصر بعد الأكسدة — العنصر بعد الاختزال

وتساهم هذه التفاعلات فى الإسراع من تحلل الصخور والمعادن والمركبات وتجعل مكوناتها أكثر ذوبانا ومثال ذلك تأكسد معدن البايريت Pyrite (كبريتيد حديدوز) فى التربة كما يلى:-

$$2FeS_2 + 7O_2 + H_2O \longrightarrow 2Fe^{2+} + 4SO_4^{2-} + 4H^+$$

كبرتيد حديدوز أكسجين ماء أيون حديدوز أيون كبريتات أيون هيدروجين

$$4Fe^{2+} + O_2 + 4H^+ \longrightarrow 4Fe^{3+} + 2H_2O$$

أيونات حديدوز أكسجين هيدروجين أيونات حديديك ماء

$$4Fe^{3+} + 4H_2O \longrightarrow Fe_2O_3.H_2O + 6H^+$$

أيونات حديديك　　ماء　　جيوثايت　　أيونات هيدروجين

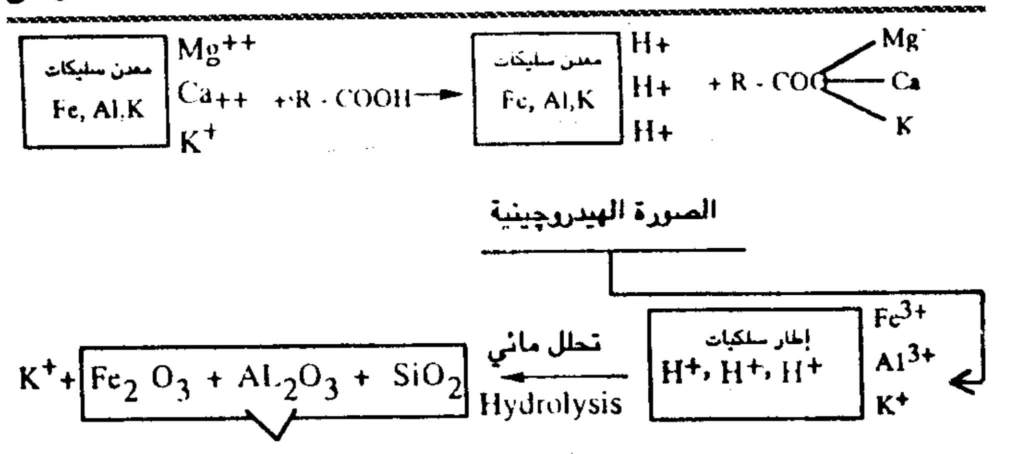
ويحدث الاختزال تحت الظروف الغدقة، عندما يغمر الماء سطح التربة لمدد طويلة ويقل تركيز الاكسجين الذائب نتيجة أستهلاكه بواسطة جذور النباتات وتنفس الكائنات الحية الدقيقة وعندئذ يتحول الحديديك Fe^{3+} إلى حديدوز Fe^{2+} يكون أكثر ذوباً وبالتالى يتحرك إلى أسفل القطاع الارضى وتنشأ بذلك ظاهرة Gleyzation وهى تنتشر فى الاراضى الغدقه بجوار البحيرات الشمالية فى دلتا مصر (البرلس والمنزله) حيث تتحول أكاسيد الحديديك الحمراء والبنية اللون إلى أكاسيد أخرى ذات الوان بترولية (خضراء مزرقة).

جـ - التجوية البيوكيميائية : Biochemical Weathering

وهى تحلل الصخور والمعادن فى التربة بواسطة المركبات العضوية العديدة التى تفرزها الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms والفطريات Fungi والطحالب Al-gae والآشنات Lichins هذا بالإضافة إلى إفرازات جذور النباتات الراقية أثناء نشاطاتها الحيوية المختلفة وتشمل هذه الإفرازات العديد من المركبات الكيميائية النشطة مثل الاحماض العضوية Organic acids والمركبات المخلبية Chelating Compounds علاوة على بعض الإنزيمات Enzymes المتخصصة فى تحويل عنصر بعينه من صورة إلى أخرى عن طريق التحكم فى جهد الاكسدة والاختزال Redox potential لوسط التفاعل. وفيما يلى أمثلة لبعض هذه التفاعلات :

١- تفاعل الاحماض العضوية :

ينطلق أيون الهيدروجين H^+ من الأحماض العضوية المحتوية على مجموعة الكربوكسيل COOH- أولا ليحل محل الكاتيونات السطحية المتبادلة على الحبيبات المعدنيه مكوناً الصورة الهيدروجنية للمعدن وهى قليلة الثبات ، ثم يتسلل إلى داخل التركيب البنائى ليحرر بعضا من العناصر الداخليه مثل أيونات الحديد والألومنيوم والبوتاسيوم تبعا للمعادلات العامة التالية:



٢- تفاعلات الخلب والاحتواء Chelation Reactions

وهو تفاعل بعض المركبات المحتوية على العديد من المجموعات الفعالة مثل المجموعات الكربوكسيليه، والكيتونيه، الاميديه، الهيدروكسيليه .. إلخ بحيث تتنافس هذه المجموعات على الارتباط بالعناصر الارضية خاصة عديدة التكافؤ مكونة مركبات مخلبية ذات طاقة ارتباط عالية بالعنصر بحيث تستطيع سلب أى كميات منه حتى من داخل التركيب البنائى الذرى لبعض المعادن الشائعة فى التربة (شكل ٦).

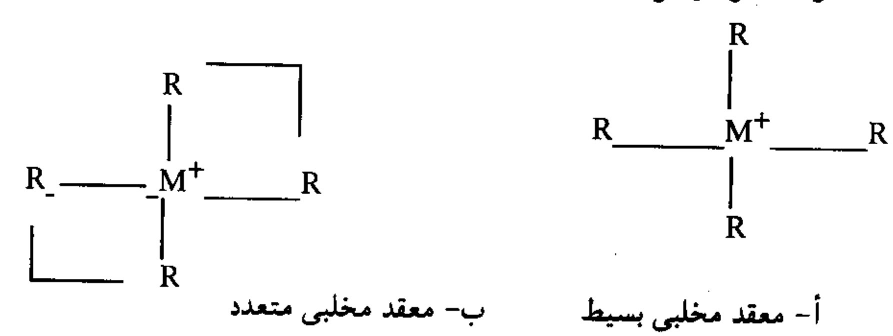
والمخطط التالى يبين ميكانيكية تفاعلات الخلب والاحتواء .

Mineral + → Mineral +

مركب عضوى — حبيبه معدن أوليه — معقد مخلبى — حبيبه معدن مجواه

حيث (M^+) كاتيون عديد التكافؤ

وهناك نوعان من المعقدات المخلبية كما بالتخطيط التالى :

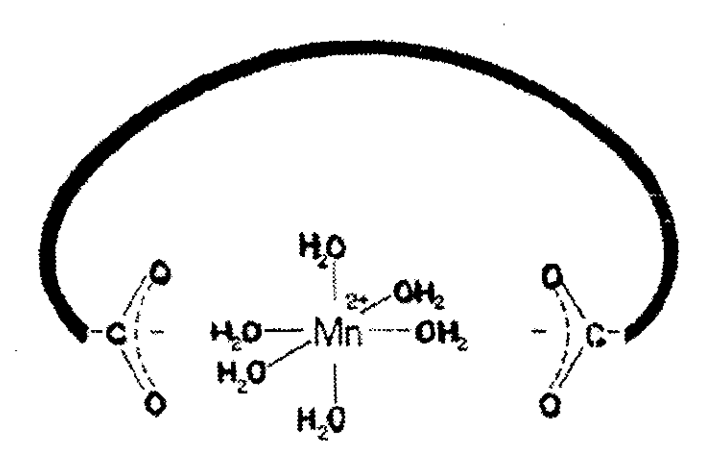


أ- معقد مخلبى بسيط ب- معقد مخلبى متعدد

ونتيجة لانتزاع العناصر من التركيب البنائى للمعدن يحدث تحطيم وتحلل هذا المعدن الى مركباته الاوليه.

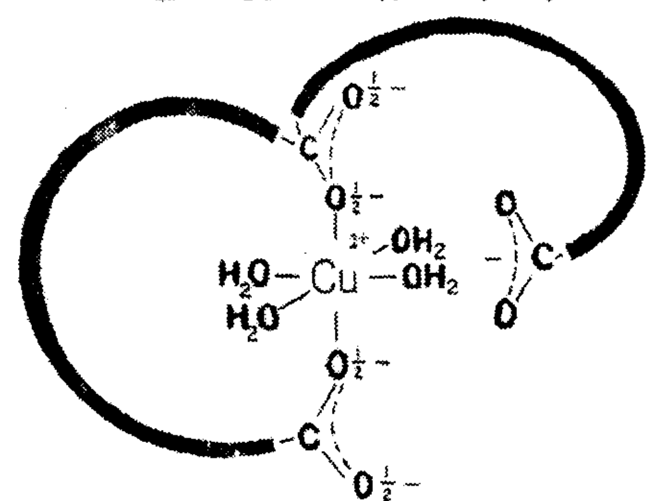
٣- إنزيمات الاكسدة والاختزال :

تقوم بعض كائنات التربه بافراز إنزيمات متخصصه تعمل على تغيير حالة الاكسدة والاختزال لبعض العناصر وذلك كمصدر من مصادر طاقتها ، ومثال ذلك بكتيريا الكبريت Sulfur bacteria وبكتيريا الحديد وبكتيريا التأزت وغيرها. وبالطبع فإن تغيير حاله العنصر يؤدى الى هدم المعدن المحتوى عليه.



أ – مركب مخلبي للمنجنيز بواسطة جزيء واحد

ب – خلب النحاس بواسطة جزيئين عضويين



شكل رقم : (٦) بعض المعقدات المخلبية لجزيئات عضوية مع أيونات المنجنيز والنحاس.

* تفاعل أكسدة الكبريت بواسطة بكتيريا أكسدة الكبريت Thiobacillus thiooxidans

$$2S + 3O_2 + 2H_2O \xrightarrow{\text{أكسدة الكبريت}} 2H_2SO_4$$

كبريت أكسجين ماء حمض كبريتيك

* تفاعل أكسدة الحديد بواسطة بكتيريا أكسدة الحديد Thiobacillus ferrooxidans

$$2Fe^{2+} + 6OH^- \xrightarrow[\text{أكسدة الحديد}]{\text{إنزيم}} 2Fe(OH)_3 \longrightarrow Fe_2O_3 . 3H_2O$$

حديدوز هيدروكسيل هيدروكسيد حديديك ليمونيت

تعريفات

التجوية الفيزيائية Physical Weathering : تفتت الصخور والمعادن تحت التأثير الميكانيكى للرياح والأمطار والأنهار والجاذبية الأرضية دون حدوث تغيير فى التركيب المعدنى .

التجوية الكيميائية Chemical Weathering : تفتت الصخور وانحلالها نتيجة التأثيرات الكيميائية للماء سواء أكانت عن طريق الإذابة Solubility أو التحلل المائى Hydrolysis أو التأدرت Hydration أو الإذابة بحامض الكربونيك Carbonation أو الأكسدة والاختزال Oxidation & Reduction ويكون من نتائجها حدوث تغيرات فى كل من التركيب الكيميائى / أو المعدنى لصخور ومعادن مادة الأصل مع تكوين مواد جديدة .

التجوية البيوكيميائية Biochemical Weathering : تفتت الصخور وانحلالها نتيجة التأثيرات الكيميائية للمركبات الحيوية المنتجة بواسطة جذور النباتات أو الكائنات الحية الدقيقة Microorganisms.

المركبات المخلبية Chelating Compounds : مركبات ذات وزن جزيئى كبير نسبيا وتحتوى على عدة مجموعات فعالة يمكنها الاتحاد مع العنصر واحتوائه

داخلها.

جهد الأكسدة والاختزال Redox Potential : رقم يعبر عن مدى سهولة أكسدة أو اختزال العنصر أثناء سريان تفاعل ما.

مما سبق عرضه في موضوع التجوية بأنواعها المختلفة تأكد جليا أنه أثناء سير هذه العمليات تنفرد العناصر من الشبكه البللورية لمعادن مادة الأصل أثناء انحلالها في بيئة التجوية وهذه العناصر بعضها مفيد فى إمداد النبات بمتطلباته من هذه العناصر وبعضها يكون ساما للنبات والحيوان وخاصة إذا تعدى تركيزها حدودا معينة. والجدول رقم (٤) يبين هذه الصورة.

الجدول رقم : (٤) بعض العناصر والأيونات الكيميائية التي تتواجد في نظام التربة كنتيجة لعمليات التجوية المختلفة.

اسم العنصر	الرمز الكيميائي	الصورة الأيونية في الأرض	تعقيب عن صورة العنصر أو الصورة الهامة التي يتواجد بها في الأراضي
الألومنيوم	Al	Al^{+++}	قد يكون له أثر سيئ للنباتات فى الأراضى الحامضية الشديدة ويتواجد فى صور الهيدروكسيد المختلفة.
البورون	B	H_3BO_3	يتواجد فى صورة ذائبة فى الماء بتراكيز منخفضة
الكادميوم	Cd	Cd^{++}	له وزن: ذرى مرتفع (فلز ثقيل)، يتراكم فى أنسجة الحيوانات وله سمية كبيرة جداً.
الكالسيوم	Ca	Ca^{++}	مغذى نباتى أساسى، يتواجد فى صورة كتيونية فى الأراضى غير الحامضية مثل أراضينا المصرية.
الكربون	C	HCO_3^- $CO_3^=$	عنصر أساسى فى المواد العضوية (غالباً المتكونة نتيجة نشاط الاحياء الدقيقة)، وهو أحد مكونات ثانى أكسيد الكربون CO_2
الكلورين	Cl	Cl^-	مغذى نباتى أساسى يتواجد بكميات منخفضة ماعدا فى حالة تواجده كمكون للأملاح الغذائية.
النحاس	Cu	Cu^{++}	مغذى نباتى أساسى، وقد يتواجد فى صورة نحاسوز Cu^+ فى الأراضى سيئة التهوية.
الحديد	Fe	Fe^{+++}	مغذى نباتى أساسى ذوبانه قليل فى الأراضى، وقد يتواجد فى صور Fe^{++} فى المعادن وفى الأراضى سيئة التهوية، وقد يتواجد فى صورة أكسيد حديد Fe_2O_3 والتى تعطى اللون الأحمر والأصفر للأراضى.
الرصاص	Pb	Pb^{++}	له أهميته مثل الكادميوم ويتواجد فى صورة PbO_2 فى الأراضى.
المغنسيوم	Mg	Mg^{++}	مغذى نباتى أساسى متشابه فى خواصه وتفاعلاته مثل الكالسيوم.
المنجنيز	Mn	Mn^{++}	مغذى نباتى أساسى ويتواجد كذلك فى صورة MnO_2 فى الأراضى.
الزئبق	Hg	Hg^{++}	يتشابه فى أهميته مثل الكادميوم ويتواجد فى صورة HgO فى الأراضى.
المولبدنيوم	Mo	$MoO_4^=$	مغذى نباتى أساسى يحتاج إليه النبات بكميات صغيرة جداً له أهميته مثل الكادميوم.
النيكل	Ni	Ni^{++}	له أهميته مثل الكاديميم.

تابع الجدول رقم (٤)

اسم العنصر	الرمز الكيميائى	الصورة الأيونية فى الأرض	تعقيب عن صورة العنصر أو الصورة الهامة التى يتواجد بها فى الأراضى
السليكون	Si	Si^{++++}	شائع التواجد فى الشباك المعدنية رابطا ذرات الأوكسچين ببعضها البعض، فالرمال والكوارتز تتكون أساساً من SiO_2 .
الصوديوم	Na	Na^+	لا يعتبر مغذياً نباتياً أساسياً بالرغم من أن البعض يعتبره كذلك بالنسبة لبعض النباتات سريع الذوبان معظمه أملاح ذائبة يسبب تضاغطاً للأرض.
الكبريت	S	$SO_4^=$	مغذى نباتى أساسى صورة SO_4 (كبريتات) أو كبرتيد الهيدروچين الغازى H_2S والصورة الثانية سامة وخاصة فى الأرض فقيرة التهوية.
الزنك	Zn	Zn^{++}	مغذى نباتى أساسى، وغالباً ما يظهر نقص لهذا العنصر فى الأراضى الجيرية وفى الأراضى المجرفة أو المقصبة.
النيتروچين	N	NO_3^- NH_4^+	مغذى نباتى أساسى - ضرورى لتكوين البروتينات والمعقدات العضوية، والصورة الأيونية هى التى تستعملها النباتات.
الأوكسچين	O	O^{--} OH	مغذى نباتى أساسى فى صورة غاز حر O_2أساسى فى جميع عمليات التنفس.
الفسفور	P	PO_4 $HPO_4^=$ $H_2PO_4^-$	مغذى نباتى أساسى له صورة الكثيرة غير الفوسفات الذائبة مع الكالسيوم والألومنيوم والحديد والفلزات الثقيلة.
البوتاسيوم	K	K^+	مغذى نباتى أساسى ذائب فى الأراضى، ماعدا تواجدها فى المعادن فيكون فى صورة غير ذائبة جداً.

٢-٧ صور تواجد العناصر فى البيئات الرسوبية

يحدد السلوك الجيوكيميائى للعنصر حالة تواجده تحت الظروف الطبيعية وبعض هذه العناصر يتواجد دائما فى صورة ذائبة ، والبعض الآخر يتواجد على صورة غير ذائبة أو شحيحة الذوبان ويحدد الجهد الأيونى Ionic Potential للعنصر الحالة التى يتواجد عليها هذا العنصر فى البيئات الرسوبية المختلفة والجهد الايونى هو النسبة بين شحنة الأيون أى تكافؤه ونصف القطر الأيونى - والسلوك الجيوكيميائى للعنصر يتحدد بقيمه جهده الأيونى ، فالأيونات كبيره الحجم ذات الجهد الأيونى المنخفض والأقل من ٣ ، تتواجد دائما فى صورة قابلة للذوبان بدرجات مختلفة مثل أيونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم والسيزيوم والليثيوم ، أما الأيونات متوسطة الحجم ذات الجهد الأيونى المتوسط والأقل من ٦ فإنها تتواجد على صورة رواسب شحيحة أو عديمة الذوبان من الوجهة العملية أمثال الحديد والألومنيوم والمنجنيز والزركونيوم والتيتانيوم والموليبدنم ... الخ ثم تبقى المجموعه الثالثه ، وهى تضم بعض الأيونات غير الذائبه ذات الحجم الصغير والجهد الأيونى المرتفع الأكبر من ١٢، وبالتالى فإنها قد تتواجد فى صورة ذائبة على صوره مجموعات ذرية أنيونية مثل البورات والسليكات والفوسفات والكبريتات والمنجنات والموليبدات والفانادات .

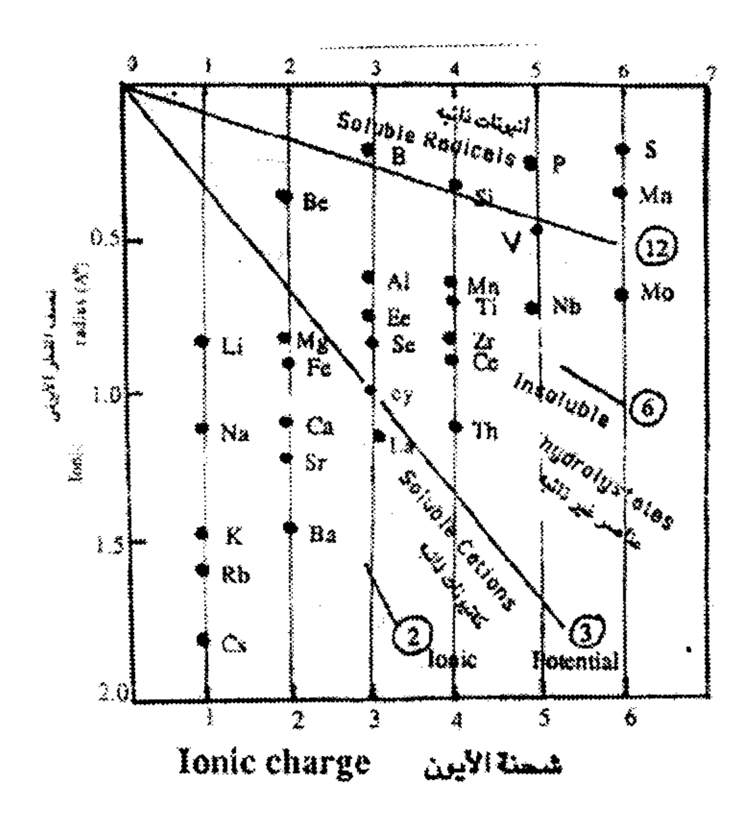
تعريف
الجهدالأيونى Ionic Potential : النسبة بين تكافؤ الأيون ونصف القطر الأيونى أى يساوى $\frac{\text{شحنة الأيون}}{\text{نصف القطر الأيونى}}$ وبه يتحدد سلوك العنصر فى الطبيعه ليذوب أو ليرسب .

والشكل رقم (٧) يوضح صور تواجد العناصر فى البيئات الرسوبية المختلفة .

مثال :-

?

سؤال : أيون ثنائى التكافؤ نصف قطره الأيونى ١,٥ Å احسب جهده الأيونى وصورة تواجده فى التربة .
الحل : الجهد الأيونى = التكافؤ / نصف القطر = ٢ ÷ ١,٥ = ١,٢٥ وبذلك يكون من العناصر سهلة الذوبان فى الماء .



شكل رقم (٧) : يبين صور تواجد العناصر فى البيئات الرسوبية المختلفة بناء على جهدها الأيونى Ionic Potential

تطبيق :-

استخرج قيمة الجهد الأيونى لعناصر الصوديوم والكالسيوم والألومنيوم والسليكون من الشكل أعلاه .

العنصر	الجهد الأيونى
الصوديوم	----------
الكالسيوم	----------
الألومنيوم	----------
السليكون	----------

٢-٨ التركيب المعدنى لحبيبات التربة الحجمية المختلفة

Mineralogical Composition of Soil fractions

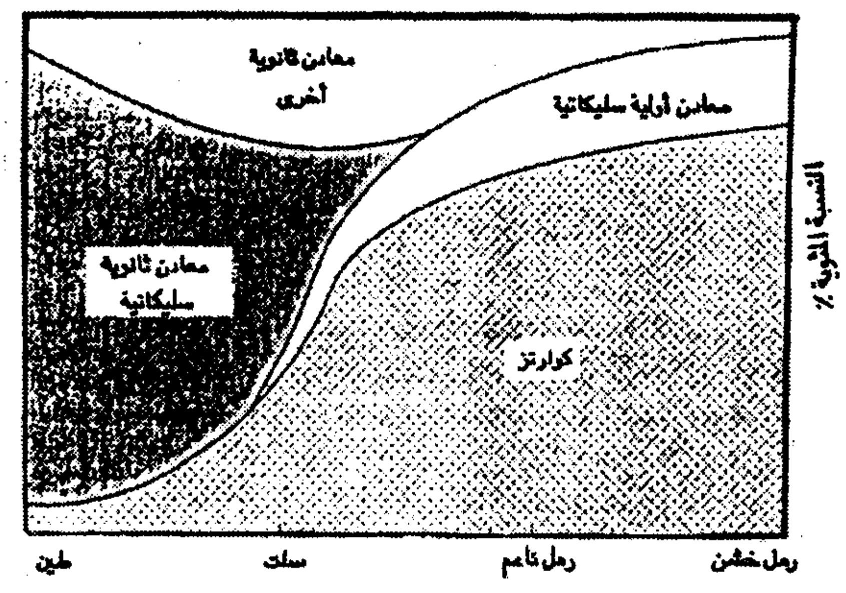
إن معظم المعادن التى تتواجد فى الجزء المعدنى من المكون الصلب للتربة هى معادن على صورة سليكات، سواء كانت فى حالتها الأولية (الابتدائية) أو الثانوية (الجديدة) ، والذى يظهره الشكل رقم (٨) .

فنجد أن المعادن الثانوية ترتفع نسبتها فى الجزء الناعم من الأرض ، فمثلا نجد أن معظم معادن الطين عبارة عن معادن ثانوية تتواجد فى الجزء الناعم من الأرض الاقل من ٢ ميكرون ، أو ما يطلق عليه الجزء الغروى من الارض، بينما تتركز المعادن الأولية مثل الفلسبارات والكوارتز والميكا فى الجزء الخشن من الأرض كالرمل والسلت. لهذا فإنه عند دراسة التركيب المعدنى للأراضى فإنه يجب أن نفرق بين تركيب الجزء الخشن (الرمل والسلت) وتركيب الجزء الناعم (الطين).

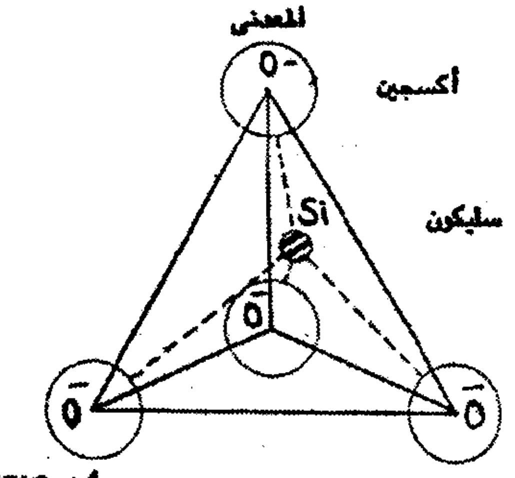
التركيب البنائى لمعادن السليكات :

أن الوحدة الأساسية فى بناء معادن السليكات Silicate Minerals هى وحدة التتراهيدرون Tetrahedron unit والتى تتكون من أيون سليكون $(Si)^{4+}$ نصف قطره يساوى ٤٢. . انجستروم. محاط بأربع أيونات أكسجين كبيرة نسبياً حيث يبلغ نصف قطرها ٤٢. ١ أنجستروم مكونه شكلا هرميا له أربعة أوجه ثلاثية الشكل وفيه نسبه السليكون : الأكسجين تساوى ١ : ٤ وله الرمز العام $(SiO_4)^{4-}$ كما هو وارد فى شكل(٩)

ويعتبر التتراهيدرون Tetrahedron وحدة البناء الأساسية لكل مركبات السليكات الموجودة فى الطبيعة مثل أكسيد السليكون (الكوارتز) وسليكات الألمنيوم، وسليكات الحديد، وتتميز وحدة $(SiO_4)^{4-}$ بوجود شحنات سالبة فائضة غير مشبعة (حيث إن ثمان شحنات سالبة من الأوكسجين تحيط بأربع شحنات موجبة للسليكون)، ويمكن للشحنات السالبة الفائضة أن تتشبع بطريقتين:



شكل رقم : (٨) العلاقة بين حبيبات التربة الحجمية المختلفة ونوع التركيب المعدنى



شكل رقم (٩):وحدة السليكا التتراهيدرالية $(SiO_4)^{4-}$

أ- الارتباط مع الكاتيونات:

حيث ترتبط وحدات التتراهيدرون مع بعضها عن طريق كاتيونات تعادل الشحنات السالبة كما فى التخطيط التالى:-

$$2\left[\bar{O}-\underset{\underset{\bar{O}}{|}}{\overset{\overset{\bar{O}}{|}}{Si}}-\bar{O}\right] + \overset{++}{Mg} \Longrightarrow \bar{O}-\underset{\underset{\bar{O}}{|}}{\overset{\overset{\bar{O}}{|}}{Si}}-O-Mg-O-\underset{\underset{\bar{O}}{|}}{\overset{\overset{\bar{O}}{|}}{Si}}-\bar{O}$$

وحدات تتراهيدرون — ايون مغنسيوم — معدن فورسترايت

وإذا كان الكاتيون الرابط هو المغنسيوم، تكون معدن الفورسترايت، Forsterite ورمزه $Mg_2\ SiO_4$ ، و عندما يكون حديدوز يتكون معدن الفيـاليت Fayalite ورمزه $Fe_2\ SiO_4$ ، أما اذا اشترك هذان الكاتيونان فى ربط وحدات التتراهيدرون فإن المعدن المتكون يسمى الأوليفين Olivine ورمزه $(Mg, Fe)\ SiO_4$ والبناء الناتج فى هذه المعادن يسمى بالوحدات المنعزلة Nesosilicate .

ب- الارتباط بالأكسجين المشترك:

وفيه ترتبط وحدات التتراهيدرون عن طريق أكسجين مشترك كما فى المعادلة التالية:-

$$\bar{O}-\underset{\underset{\bar{O}}{|}}{\overset{\overset{\bar{O}}{|}}{Si}}-O\,[H] + [HO]-\underset{\underset{\bar{O}}{|}}{\overset{\overset{\bar{O}}{|}}{Si}}-\bar{O} \Longrightarrow \bar{O}-\underset{\underset{\bar{O}}{|}}{\overset{\overset{\bar{O}}{|}}{Si}}-\bar{O}-\underset{\underset{\bar{O}}{|}}{\overset{\overset{\bar{O}}{|}}{Si}}-\bar{O} + H_2O$$

فعند حدوث ارتباط بين وحدتين تتكون سليكات زوجية Sorosilicates ، وإذا حدث الارتباط فى سلاسل مفردة أو زوجية أصبحت السليكات سلسلية Inoslicates، وإذا ارتبطت الوحدات بهذه الطريقة فى بعدين فقط تكونت السليكات

الصفائحية phyllosilicates ، أما إذا تمت معادلة جميع الشحنات السالبة عن طريق الترابط التساهمى فإنه يتكون السليكات الإطارية Tectosilicates والجدول رقم (٥) يوضح الاقسام الأساسية لمعادن السليكات .

جدول رقم : (٥) تصنيف معادن السليكات

القسم	درجة إتصال وحدات التتراهيدرات	نسبة السليكون : الأوكسجين	أمثلة
سليكات منفردة Nesosilicates	مستقلة Isolted	١ : ٤	الأوليفين $(Mg,Fe)_2 SiO_4$
سليكات زوجية Sorosilicates	زوجية Dimers	٢ : ٧	هيمومورفيت $Zn_4 (Si_2O_7)$ OH, H_2O
سليكات حلقات Cyclosilicates	حلقات Rings	١ : ٣	البيريل $Mg_2 Si_2 O_6$
سليكات سلسلية Inosilicates	سلاسل Chains		
	سلاسل مفردة Single	١ : ٣	أنستاتيت $Mg_2 Si_2 O_6$
	سلاسل زوجية Double	٤ : ١١	التريموليت $Ca_2 Mg_5 (Si_8 O_{22})$ $(OH)_2$
سليكات صفائحية Phyllosilicates	صفائح Sheets	٢ : ٥	التلك $Mg_2 (Si_4 O_{10}) (OH_2)$
سليكات إطارية Tectosilicates	هيكل أو إطار Framework ذو ثلاثة أبعاد	١ : ٢	كوارتز SiO_2

تعريف :

وحدة التتراهيدرون Tetrahedron Unit هى الوحدة التى تتكون من كاتيون مركزى هو السليكون محاطا بأربعة أيونات آوكسجين ثلاثة فى مستوى قاعدى والرابع فى القمة .

.وسوف نستعرض التراكيب المعدنية لحبيبات التربة الحجمية فيما يلى :-

أولا :- التركيب المعدنى لحبيبات التربة الخشنة (الرمل والسلت) :

يتضح مما سبق عرضه أن حبيبات الرمل الخشنة غالبا ما تتكون من فتات صلبة إضافه الى المعادن . ويلاحظ أن معدن الكوارتز Quartz دائما ما يسود حبيبات الرمال الناعمه والسلت إضافة إلى تواجد معادن أولية أخرى مثل معادن الفلسبارات Fehd-spars والميكات Micas ومعادن الكربونات مثل الكالسيت وكذلك معادن الجبسيت Gibbsite والهيماتيت Hematite والليمونيت Limonite على هيئة أغشية تغطى حبيبات الرمال. ويضفى الهيماتيت والليمونيت ألوانهما من ظلال الأحمر والأصفر إذا تواجدا بكميات كافية نظرا لاحتوائهما على عنصر الحديد ، وهذه البيئة المعدنية غالباً ما تتواجد فى أغلب الأراضى الصحراوية المصرية ، وتتواجد معادن السليكات الابتدائية مثل الفلسبارات والهورنبلند والميكات فى الرمال كما سبق إيضاحه ، ولكنها تميل إلى الاختفاء عند التحرك إلى حبيبات السلت ، بينما معادن السليكات ثانوية النشأة (الجديدة) تميل الى التواجد فى حبيبات الطين الغروية الناعمة. وكذلك نجد أن معادن أخرى ذات البنية الثانويه مثل أكاسيد الحديد والألومنيوم تتواجد بشكل سائد فى حبيبات السلت الناعمة إضافة إلى الطين الخشن.

ثانيا :- التركيب المعدنى لحبيبات الطين

تعتبر حبيبات الطين أنشط جزء معدنى من المكون الصلب للتربة ، لأنها غالبا ما تكون فى صورة متبلورة وغروية Colloidal ، وفى مجال الأراضى يعبر عن اصطلاح كلمة طين Clay بثلاثة تعبيرات هى:

أ- تعبير حجمى ، أى أنها تعبر عن حبيبات التربة ذات الأقطار المكافئة الأقل من ٢ ميكرون.

ب- تعبر عن اسم لمجموعة معادن معينة مثل معادن الطين Clay minerals

جـ -تعبر عن توصيف للخواص القوامية للتربة Textural class، وعليه فهناك مواد متعدده تقع فى النطاق الحجمى للطين مثل الجبس Gypsum ، والكربونات Carbonates ، وأحيانا الكوارتز ، وفى نفس الوقت لا تعتبر معادن طين وعلى العكس فالأخيرة قد تتواجد فى حبيبات حجمية قد تصل إلى أقطار ٤، ٥ ملليميتر.

التركيب البنائى لمعادن الطين : The Structure of Clay Minerals

تتبع الغالبية العظمى من معادن الطين مجموعة معادن السليكات الصفائحية Phyllosilicates $(Si_2O_5)^{2-}$ ويتكون تركيب معادن الطين من طبقات تتراص فوق بعضها البعض ، وتتكون هذه الطبقات من وحدتين أساسيتين هما : وحدة التتراهيدرون Tetrahedron $(SiO_4)^{4-}$ والتى يتكون منها طبقة التتراهيدرا Tetrahedral Sheet $(Si_2O_5)^{2-}$ ووحده الاوكتاهيدرون ينمخصزرمقف ومنها نوعان الاول Al - Octahedron $Al_2(OH)_6$ ويتكون منها ال Gibbsite Sheet والثانى $Mg_3(OH)_6$ Mg-octahedron ويتكون منها ال Brucite Sheet (انظر الشكل رقم ١٠)

والجدول رقم (٦) يوضح طريقة اشتقاق معادن الطين السليكاتية من الطبقات الأساسية والشكل رقم (١١) يقدم نموذج تخطيطى لطريقة اشتقاق معدن الكاؤولينيت (نوع ١:١) من الطبقات الاساسية.

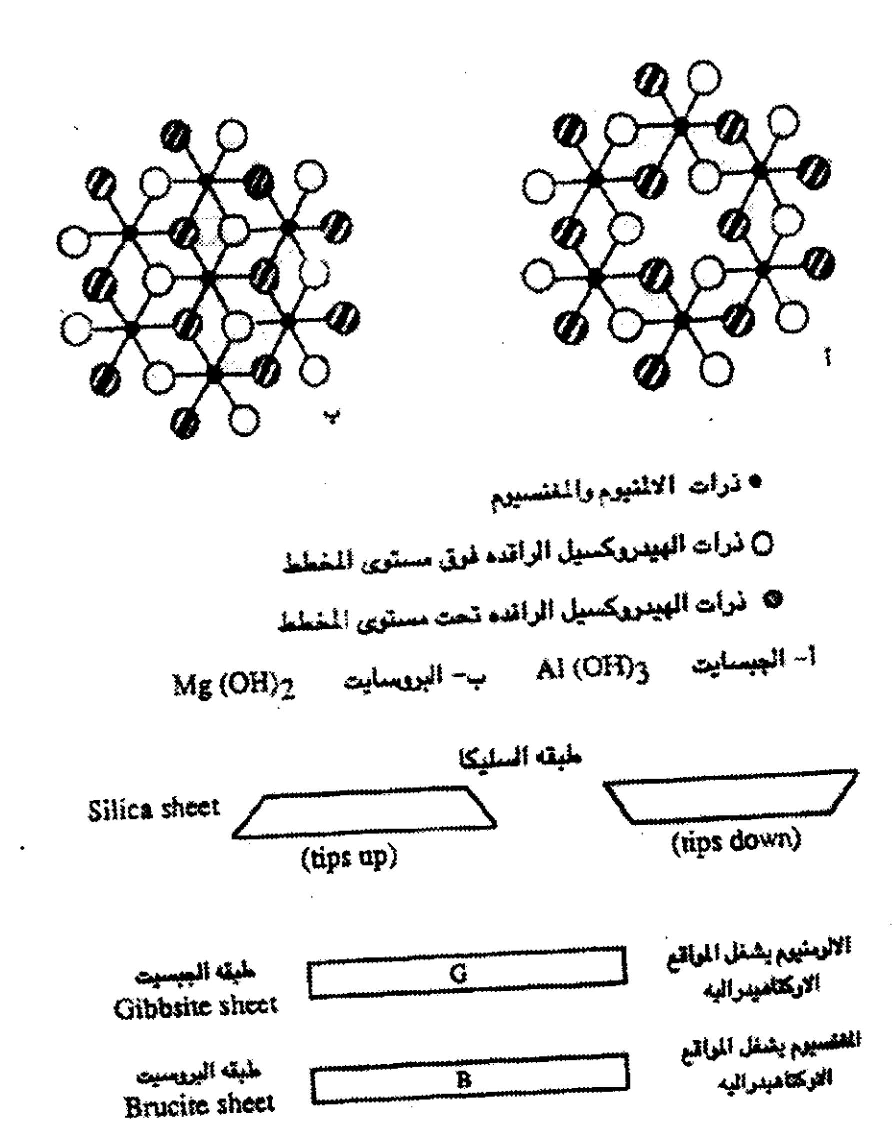
وبالمثل يمكن إشتقاق المعادن من نوع ٢:١ ، ٢:١:١ لتعطى التركيب التخطيطى الوارد فى شكل رقم (١٢) .

ويمكن القول : إن أغلب معادن الطين Clays تكون فى حالة تبلور ، حيث يكون لها ترتيب تكرارى محدد للذرات الداخلة فى التركيب وحيث نجد أن الغالبية العظمى تتكون من مستويات من ذرات أكسجين مرتبطة مع ذرات كل من السليكون والألومنيوم حيث يربطان ذرات الاكسجين مع بعضها عن طريق الرابطة الأيونية Ionic bond وهى التى تتواجد بالتجاذب بين الذرات السالبة الشحنة مع الاخرى الموجبة الشحنة.

تعريفات :

* الرابطة الأيونية Ionic bond هى الرابطة الناتجة عن انتقال اليكترونات من ذرة تاركة إياها فى صورة كاتيون موجب لتتحد مع أيون سالب الشحنه نتيجة اكتسابه لهذه الاليكترونات .

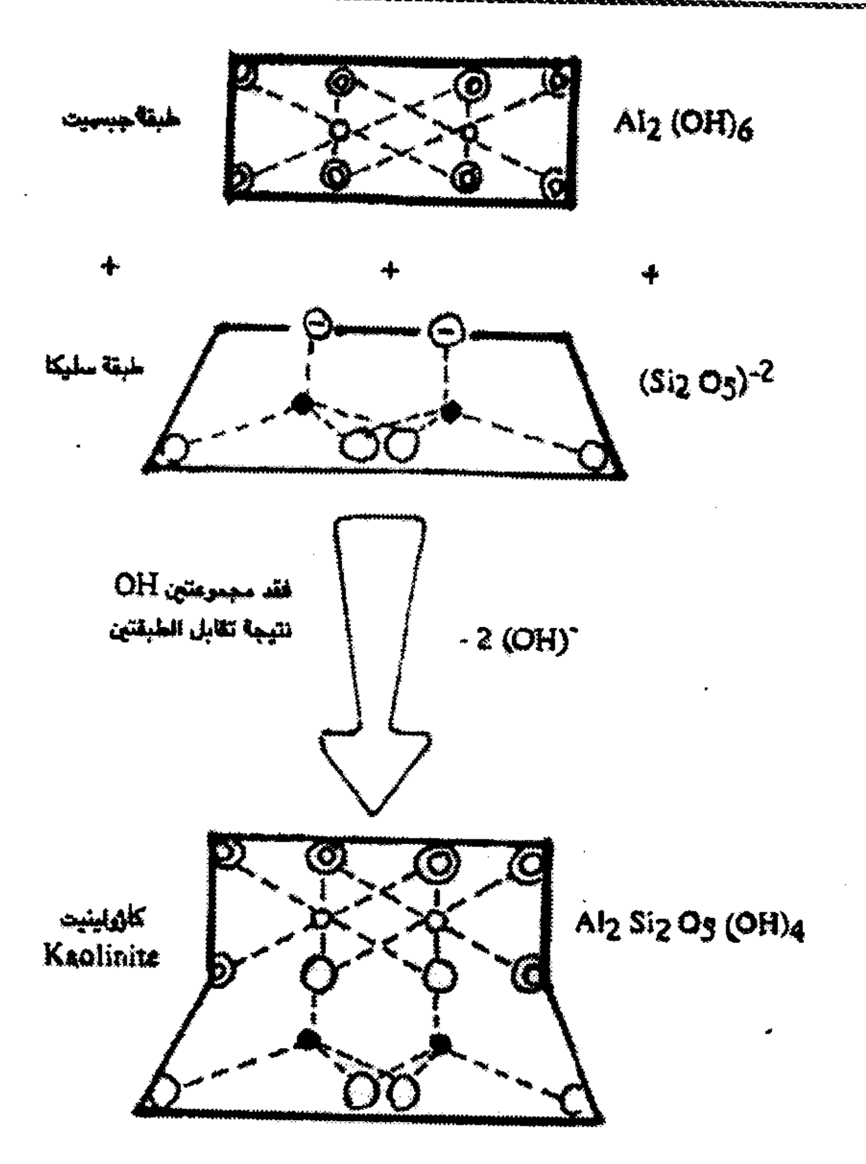
* وحدة الاوكتاهيدرون Octahedron unit : وحدة تتكون من كاتيون مركزى عادة يكون الألومنيوم أو المغنسيوم محاطا بستة ايونات أوكسجين أو مجموعات هيدروكسيل فى مستويين .



شكل رقم (١٠) : تخطيط مبسط للطبقات الاساسية المكونة للمعادن الصفائحية

جدول رقم (٦) : طريقة الحصول على التركيب البنائى لمعادن الطين من الوحدات الأساسية

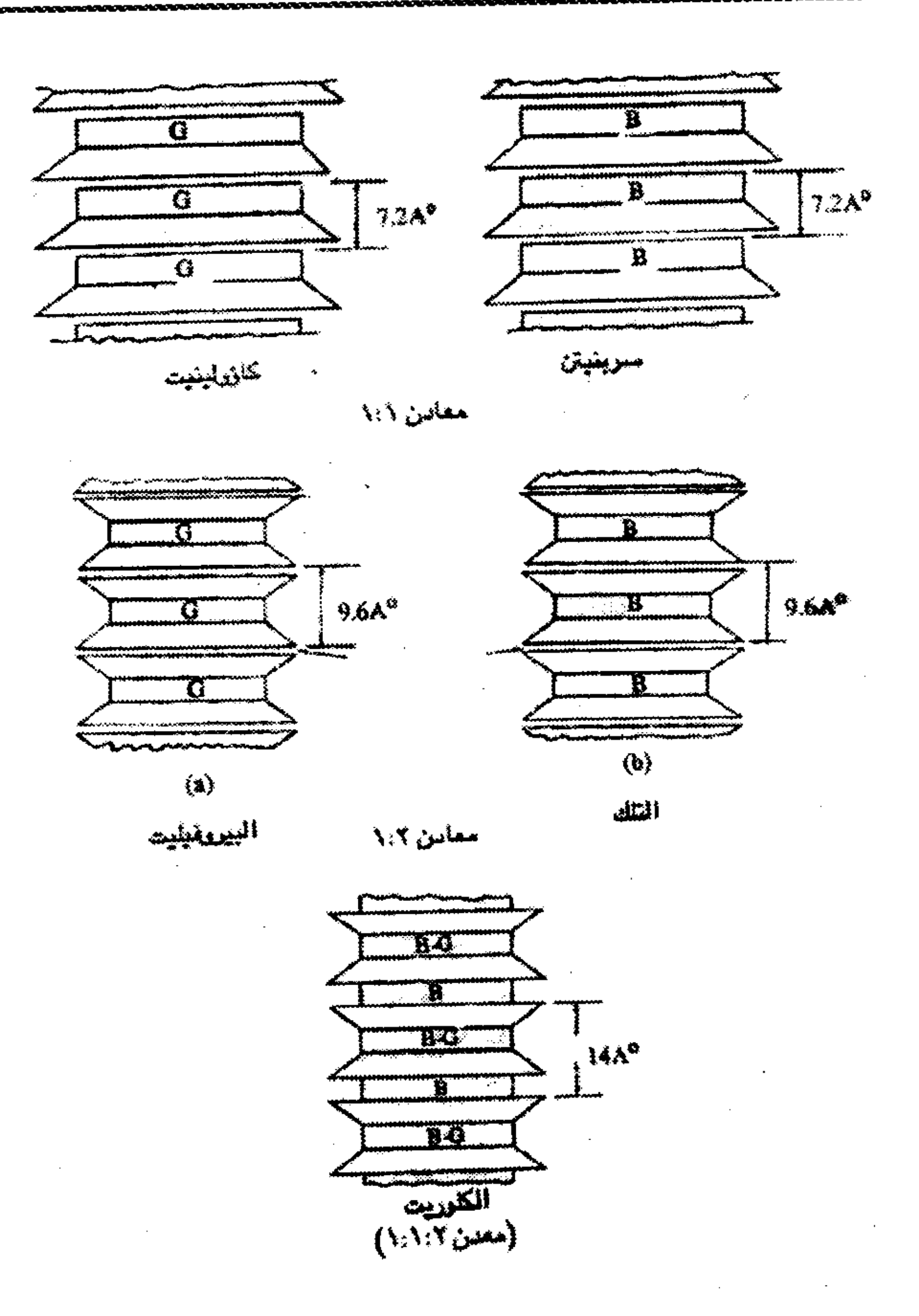
١ - Si-tetrahedral Sheet Al-Octahedral Sheet	١ - Si-tetrahedral Sheet Mg-Octahedral Sheet
٢ - معادن ١ : ١ طبقة جبسيت $Al_2(OH)6$ طبقة السلبكات Si_2O_5 ٢ - هيدروكسيل -2OH نتيجة الإشتراك معدن الكاؤولينين $Al_2 (Si_2 O_5) (OH)_4$ Kaolinite	٢ - معادن ١ : ١ طبقة بروسيت $Mg_3 (OH)_6$ طبقة السليكات Si_2O_5 ٢ - هيدروكسيل -2OH نتيجة الإشتراك معدن السربنتين $Mg_3(Si_2O_5) (OH)_4$ Serpentine
٣ - معادن ٢ : ١ طبقة سليكا Si_2O_5 طبقة جبسيت $Al(OH)_6$ طبقة سليكا Si_2O_5 ٤ - هيدروكسيل -4OH نتيجة الاشتراك معدن البيروفيليت $Al_2 (Si_4 O_{10}) (OH)_2$ Pyrophyllite	٣ - معادن ١ : ١ طبقة سليكا Si_2O_5 طبقة بروسيت $Mg_3 (OH)_6$ طبقة سليكا Si_2O_5 ٤ - هيدروكسيل -4OH نتيجة الإشتراك معدن التلك $Mg_3(Si_4O_{10}) (OH)_2$ Talc
٤ - معادن ٢ : ١ طبقة سليكا Si_2O_5 طبقة جبسيت $Al(OH)_6$ طبقة سليكا Si_2O_5 طبقة بروسيت $Mg_3 (OH)_6$ ٤ - هيدروكسيل -4OH نتيجة الإشتراك الكلوريت $Al_2 (Si_4 O_{10}) (OH)_2 Mg_3 (OH)_6$ Chlorite	٤ - معادن ٢ : ١ : ١ طبقة سليكا Si_2O_5 طبقة بروسيت $Mg_3 (OH)_6$ طبقة سليكا Si_2O_5 طبقة بروسيت $Mg_3 (OH)_6$ ٤ - هيدروكسيل -4OH نتيجة الإشتراك الكلوريت $Mg_3(Si_4O_{10}) (OH)_2 Mg_3(oH)_6$ Chlorite



شكل رقم (١١) : نموذج تخطيطى لطريقة اشتقاق معدن الكاؤولينيت (نوع ١ :١) من الطبقات الأساسية

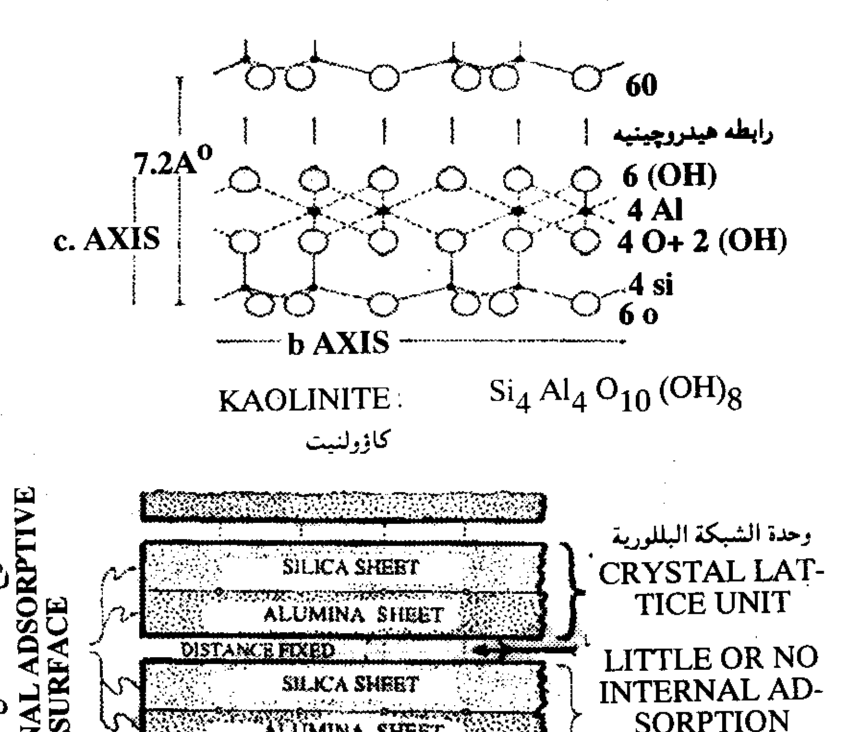
تطبيق :

مستعيناً بالشكل (١١) ارسم شكلا تخطيطيا آخر لطريقة اشتقاق طبقة من معدن ٢ : ١

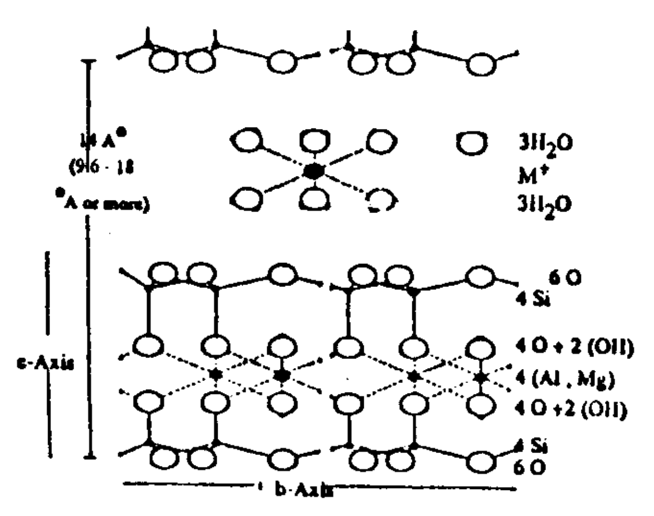


شكل رقم (١٢) : أشكال تخطيطية لأهم مجموعات ومعادن السليكات الصفائحية

وفيما يلى الأشكال التخطيطية والتركيب البنائى الذرى لأهم معدنين من معادن الطين الشائعة التواجد فى الأراضى المصرية ويظهر عليهما أهم صفاتهما الكيميائية والفيزيوكيميائية (اشكال رقم ١٣ ، ١٤).

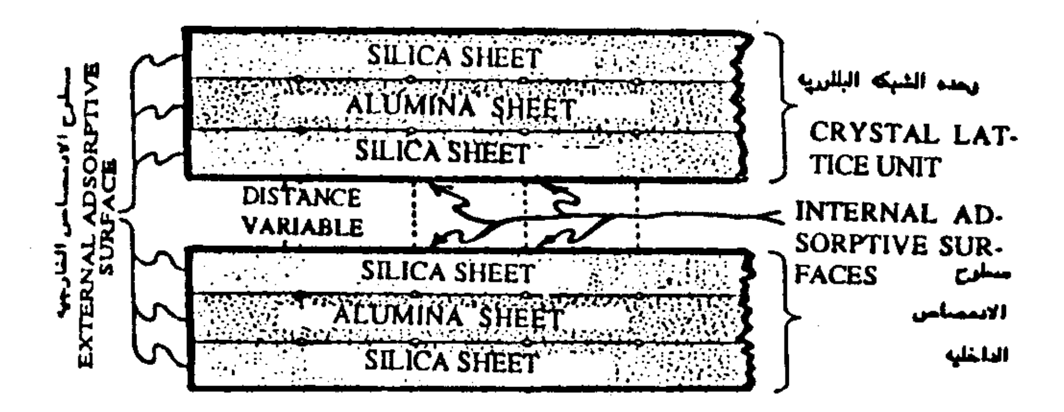


شكل رقم (١٣) : نموذج للأيونات التى يتكون منها معدن من النوع ١:١ وهو الكاؤولنيت . تذكر أن المعدن يتكون من طبقات متبادلة من الأوكتاهيدرا الألومنيومى مع التتراهيدرا السليكاتى ، حيث يلاحظ أن أيونات الألومنيوم تحاط بعدد ستة مجاميع هيدروكسل لتكون طبقة الاوكتاهيدرا ، بينما نجد أن أيونات السليكون الصغيرة ترتبط مع أربعة أيونات أوكسجين لتكون طبقة التتراهيدرا. وهاتان الطبقتان تتقابلان فى المركز لتعطيا طبقة من مجاميع الهيدروكسيل على أحد الاسطح واخرى من الأكسجين على السطح الآخر.



MONTMORILLONITE X (Al, Mg)$_4$ Si$_8$ O$_{20}$ (OH)$_4$

مونتموريللونيت



شكل (١٤):- نموذج لوحدتين من الشبكة المتمددة لمعدن طين من النوع ٢:١ (المتموريللونيت) كل وحدة عبارة عن أوكتاهيدرا من النوع الألومنيومى تتواجد بين طبقتين من السليكا كالسندوتش وتقابل أيونات الأوكسجين فيكون هناك إمكانية تواجد الكاتيونات المتبادلة ودخول جزيئات الماء فيكون هناك فرصة حدوث تمددات متغيرة بين الوحدات ، كذلك يلاحظ إحلال المغنسيوم محل بعض مواقع أيونات الألومنيوم ، مما يتيح فرصة تزايد الشحنات السالبة على الوحدة ، وبالتالى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية لهذا المعدن .

يتبين مما سبق ، أن معادن الطين تقوم بمسك كل من الكاتيونات الذائبة، وكذلك جزئيات الماء عند إضافة مياه الرى ، وهذا يعنى أن هذه المعادن تحمل شحنات سالبة وأن كثافة هذه الشحنة تختلف من معدن إلى آخر كما أنها تختلف فى نفس المعدن بتغير ظروف البيئة.

٢-٩ مصادر الشحنات على معادن الطين:

أولا:-الإحلال المتماثل Isomorphous Substitution

يؤدى الاحلال المتماثل بأيونات ذات تكافؤ أقل محل أيونات أعلى تكافؤاً الى تكون شحنه سالبه على سطح المعدن. والإحلال الشائع فى معادن الطين هو إحلال الألومنيوم الثلاثى محل السليكون الرباعى فى تتراهيدرا السليكا. كذلك تحل الكاتيونات الثنائية مثل المغنسيوم والحديد الثنائى محل الأيونات الثلاثية مثل الالومنيوم فى المواقع الأوكتاهيدرالية (انظر الشكل ١٥). هذه الإحلالات تؤدى إلى تكون شحنة سالبة على المعدن يكون موقعها قريبا من السطح فى الحالة الأولى بعيدا عن السطح فى الحالة الثانية. وتتم موازنة الشحنات عن طريق ادمصاص من الخارج مما يكسب المعدن القدرة على تبادل الأيونات.

ويعتبر الإحلال المتماثل المصدر الأساسى للسعة التبادلية الكاتيونية فى معادن الطين (المنتموريللونيت ومعادن الميكات والفيرميكيوليت) ، أما مجموعة معادن(١:١) ومنها الكاؤلينيت فتتميز بانخفاض شحنتها نظرا إلى عدم وجود إحلال متماثل فى وحداتها البنائية. وتتواجد معظم (سطوح الانفصام) للمعدن فى معادن الطين الصفائحية .

تعريف

الإحلال المتماثل Isomorphous Substitution هو دخول كاتيون محل آخر داخل التركيب الشبكى البللورى للمعدن بحيث يكون مساوياً له فى نصف القطر الآيونى ولا يشترط مساواته فى التكافؤ .

ثانيا :- الروابط المكسورة (غير المشبعه)Broken bonds

يتكسر المعدن إلى حبيبات صغيرة وعندها نجد أن الروابط الموجودة على حواف المعدن تصبح غير مشبعة أى تصبح غير متوازنة ، وبالتالى فإنه تتم موازنتها عن طريق ادمصاص كاتيونات من المحلول الخارجي وتميل هذه الروابط غير المشبعة إلى التواجد عند الجوانب والحواف أى السطوح التى لا يحدث عندها الانفصام. أى إنها تتواجد على المستويات الرأسية للمحور البللورى (شكل رقم ١٦).

ويزداد عدد الروابط المكسورة وبالتالى السعة التبادليه الناشئة عنها عن طريق الطحن وصغر حجم حبيبات المعدن إضافة إلى التشوهات التى تحدث فى الشبكة البنائيه لمعدن الطين. وتعتبر الروابط المكسورة فى معادن الكاؤولينيت والهالوسيت المصدر الاساسى للسعة التبادلية الكاتيونية لهذه المعادن ، وتزداد الشحنات أو تنقص حسب درجة pH الوسط ، حيث تزداد الشحنات السالبة وتنخفض الشحنات الموجبة فى الوسط القلوى كنتيجة لزيادة تأين المجاميع الحامضية ونقص اكتساب البروتونات ($يد^+$) إلى المجاميع القاعدية ، وفى حالة انخفاض رقم الـ pH فإن الشحنة تسلك عكس هذا المسلك أى زيادة الشحنة الموجبة ونقص الأخرى السالبة ، لهذا يطلق على مثل هذه الشحنات اسم الشحنات المتوقفة على رقم pH أ وpH-dependent charges ويمكن تمثيل ذلك فى المعادلة التالية :-

١- فى الظروف القلوية

$$Si - O\boxed{H} + \boxed{OH^-} \longrightarrow Si - O^- + H_2O$$

سطح سليكاتى   سطح سليكاتى

٢- فى الظروف الحامضية

$$Si - OH + H^+ \longrightarrow Si - OH_2$$

وهناك مصادر أخرى للشحنة على أسطح معادن الطين ، ولكن مساهمتها تعتبر قليلة جدا بالمقارنة بالمصادر السابق عرضها، مثل العيوب البللورية التى تنتج من غياب آيون من موقعه داخل البناء الذرى.

شحنه ⊖ سالبه

OH OH OH Al Mg O O OH

OH OH OH Al Al O O OH

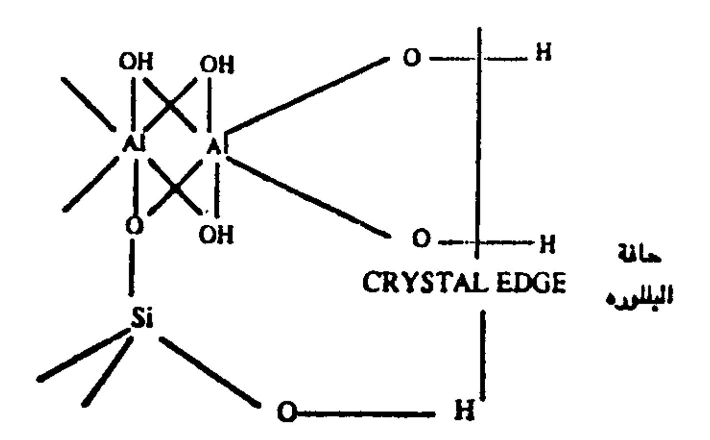
WITH SUBSTITUTION of Mg for Al

إحلال Mg محل Al

WITHOUT SUBSTITUTION

بدون إحلال

شكل رقم (١٥) يوضح الإحلال المتماثل فى طبقة الأوكتاهيدرون فى معادن الطين السليكاتية.



شكل (١٦) : يوضح تواجد الروابط المكسورة (الحواف المكسورة) لمعدن طين الكاؤلينيت موضحا أن الأوكسجينات هى مصدر الشحنة السالبة. وتحت ظروف رقم حموضة مرتفع فإن أيونات الهيدروجين تميل إلى سهولة تبادلها بواسطة كاتيونات أخرى.

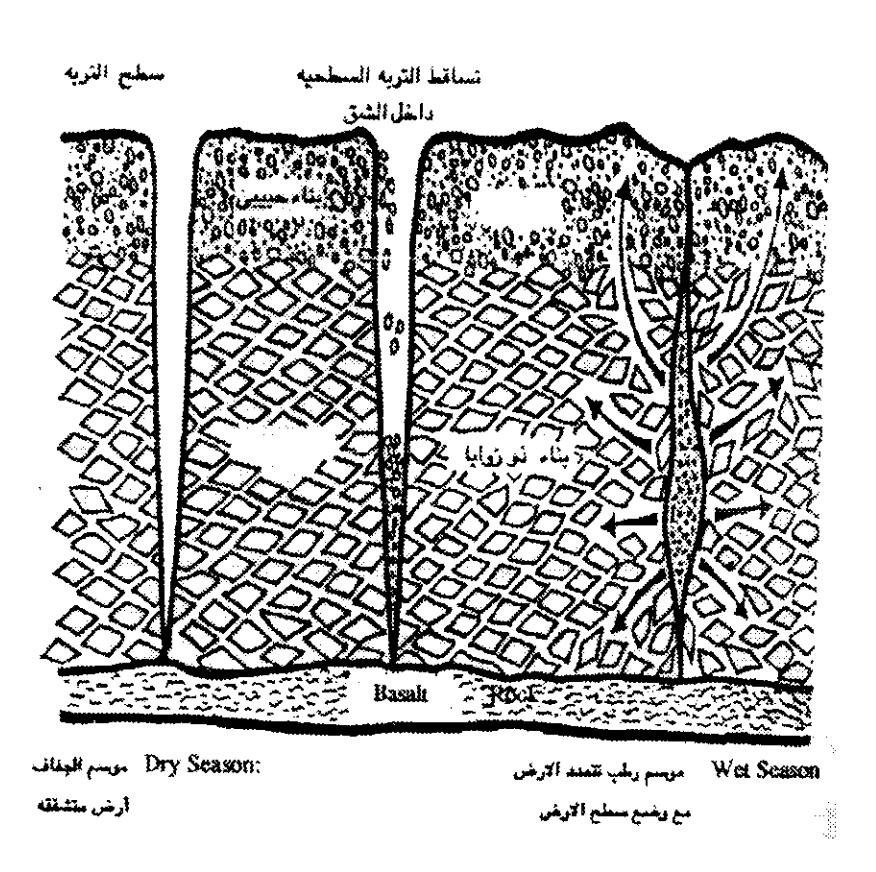
٢-١٠ أثر التركيب المعدنى على صفات التربة:-

يؤدى التباين فى تراكيب الشبكة البللورية لمعادن الطين ومصدر وكثافة الشحنات على وريقات هذه المعادن إلى اختلاف الشكل المورفولوجى لحبيبات هذه المعادن، وكذلك يتوقف عليها قابليه المعدن للتمدد نتيجة دخول جزيئات الماء فى المسافات بين الطبقيه للمعادن والانكماش مرة اخرى نتيجة خروج هذه الجزيئات، وعلى ذلك نجد أن الأراضى الغنية فى معدن المونتموريللونيت ذات صفات خاصة حيث تتمدد عند توافر الماء لها عن طريق الأمطار أو الرى الصناعى ثم تتشقق عند جفافها إلى تشققات واسعة وعميقة كما هو الحال فى أراضى الفرتيسولس Vertisols. وتظهر هذه الخاصية بوضوح فى الأراضى الرسوبية النهرية ذات القوام الطينى حيث إنها غنية فى محتواها فى معدن المونتموريللونيت (شكل رقم ١٧).

ويمكن تلخيص أهم الصفات الكيميائية والفيزيائية لأهم معادن الطين وكذلك الظروف البيئية التى يتواجد فيها المعدن فى الجدول رقم (٧).

جدول رقم (٧) : أهم ما تتصف به معادن الطين والفروق بينها

معادن الطين / الخواص المميزة	المنتموريللونيت Montmorillonite	الميكات الهيدراتية Hydro Micas	الفيرميكوليت Vermiculite	الكلوريت Chlorite	الكاؤلينيت Kaolinite
سمك الشبكة البنائية	٩.٦–١٨ حسب حالة الانتفاخ (متوسط ١٤)	١٠	١٤.٣	١٤	٧.١٥
النـــوع	٢ : ١	٢ : ١	٢ : ١	٢ : ٢	١ : ١
السعة التبادلية الكاتيونية ملليمكافئ / ١٠٠ جم	٨٠ – ١٢٠	١٠ – ٤٠	١٠٠ – ١٥٠	١٠ – ٤٠	٥ – ١٥
السطح النوعى (متر٢/جم)	٨٠٠ كبير	١٠٠	٢٥٠ – ٤٥٠	٤٠	٥ – ١٠
نوع الروابط بين الوحدات	روابط أوكسچين ضعيفة (O-O)	وجود البوتاسيوم يعمل على قوة ربط الوحدات	روابط أوكسچين ضعيفة مع وجود المغنسيوم المتأدرت	روابط هيدروچينية روابط إليكتروستاتيكية لوجود طبقة البروسيت	روابط هيدروچين
خاصية الانتفاخ	ينتفخ كثيراً	لا ينتفخ	محدود الانتفاخ	لا ينتفخ	لا ينتفخ
مكان الإحلال المتماثل	فى طبقة الاوكتاهيدرا	فى طبقة التتراهيدرا	فى طبقة التتراهيدرا وفى طبقة البروسيت	لا يــوجــد	٥ – ١٠
بناء التربة الذى يسود	الكتلى الزاوى والعمود المنشورى	المحبب والطبقى	المحبب الكتلى	المحبب الكتلى	الطبقى
البيئة التى يتكون فيها المعدن	أراضى المناطق الجافة إلى الرطبة ذات الغسيل المحدود	أراضى المناطق نصف الرطبة إلى الباردة مادة الأصل غنية بالميكا	أراضى المناطق نصف الرطبة والغنية بالميكات	فى الطين السابق تكوينه فى الرواسب البحرية	الرطبة المعتدلة إلى الحارة تحت الرطبة إلى الرطبة ذات الغسيل الشديد



شكل رقم (١٧) : يوضح الصفات المورفولوجيه للأراضى التى يسود فيها معادن الطين المتمدده (المنتموريللونيت) وذلك فى حالتى الجفاف والابتلال (أى قبل إضافة مياه الرى). (أراضى الفرتيسولس Vertisols)

تعريفات :

* أراضى الفرتيسولس Vertisols : هى الاراضى التى بها نسبة طين أكبر من ٣٥٪ يسود فيها معادن الطين المتمددة والتى عند جفافها تظهر بها تشققات اتساعها لا يقل عن واحد سنتيمتر وبعمق يصل إلى اكثر من ٥٠ سم ولفترة لا تقل عن ٦ أشهر (شكل رقم ١٧) .

* الشبكة البنائية البللورية Crystal - Lattice Structure : هى البناء الناتج عن الترتيب المنتظم للذرات والأيونات فى الاتجاهات الفراغية الثلاثة a , b , c

* السعة التبادلية الكاتيونية Cation-exchange capacity عدد المليمكافئات من الكاتيونات التى تتبادل على أسطح ١٠٠ جرام من مادة التربة (أو معدن الطين) عند درجة حموضة متعادلة pH = ٧ .

? أمثلة محلولة :

سؤال : اذكر الظروف البيئية التى تناسب تكوين مختلف معادن الطين التى قمت بدراستها :-

الحل :- يمكن تلخيص هذه الظروف البيئيه فى الجدول التالى :-

الظروف البيئية	كاؤلينيت	هيدروميكا	فيرميكيوليت	مونتموريللونيت	كلوريت
الرطوبة(الامطار)	غزيرة	متوسطة	متوسطة	متوسطة	متوسطة
الحرارة	حارة - باردة	باردة	باردة - معتدلة	معتدلة	معتدلة
مادة الأصل	نارية ومتحولة	غنية بالميكا	رسوبية ونارية	رسوبية ونارية	رواسب بحرية
شدة الغسيل	شديدة	متوسطة	محدودة	محدودة	محدودة

سؤال : رتب المعادن التالية من حيث مقدرتها على تثبيت البوتاسيوم كما يلى :-

الفيرميكيوليت ، المونتموريللونيت ، الايلليت ،الكاؤلينت ، الكلوريت

الحل - يمكن ترتيب المعادن ترتيبا تنازليا على حسب مقدرتها على تثبيت البوتاسيوم كما يلى:-

الفيرميكيوليت >> المونتموريللونيت > الايلليت > الكاؤلينيت = الكلوريت



٢-١١ ملخص الباب الثانى

* يختلف التركيب الكيميائى للتربة اختلافا واضحا عن التركيب الكيميائى للصخور الأصلية فى القشرة الارضية ، حيث تحتوى على أوكسجين وكربون ونيتروجين أكثر، نتيجة تواجد الماء والمواد العضوية.

* المعدن جسم طبيعى غير عضوى له تركيب كيميائى ثابت وشكل بللورى مميز ، وتقسم المعادن إلى مجموعات تبعا للتركيب الكيميائى لها ، مثل مجموعة العناصر الحرة والكبريتيدات والأكاسيد والهيدروكسيدات والهاليدات والكربونات والكبريتات والفوسفات والسليكات.

* الصخر جسم طبيعى غير عضوى ليس له تركيب كيميائى ثابت ، ويتكون من معدن واحد أو أكثر من معدن. وتقسم على حسب نشأتها إلى صخور نارية ورسوبية ومتحولة وجميعها تكون مادة الأصل للتربة.

* تتم التجوية الفيزيائية للصخور عن طريق التفتيت الميكانيكى بواسطة تجمد الماء فى الشقوق الصخرية والسحق الميكانيكى بواسطة الماء والرياح وكذلك تأثير النباتات والحيوانات والإنسان ولا يصاحبها تغيرات كيميائية .

* تعمل التجوية الكيميائية على تغير التركيب الكيميائى والبناء الذرى للمعادن الأولية منتجة مواد جديدة وذلك عن طريق عدد من التفاعلات الهامة والتى تشمل الإذابة، والتحلل المائى، والإشباع بثانى أكسيد الكربون، والتأدرت ، والأكسدة والاختزال.

* تساهم الكائنات الحية فى تجوية المعادن لما لإفرازاتها من تأثيرات بيوكيميائية ، عن طريق التفاعل مع الأحماض العضوية وتفاعلات الخلب والاحتواء والتفاعلات الإنزيميه وخاصة فى مجال الأكسدة الميكروبية للكبريت والحديد بواسطة بكتيريا Thiobacillus sp.

* تنفرد كثير من العناصر من الشباك البللورية لمعادن مادة الأصل أثناء سير تفاعلات التجويه، وبعض هذه العناصر يكون مفيدا للنبات والبعض الآخر يكون ساما للحياة البيولوجية ، خاصة إذا تعدى تركيز معين.

* يتحدد السلوك الجيوكيميائى للعناصر فى البيئة الطبيعية بواسطة الجهد الأيونى

لهذه العناصر ، فالعناصر الذائبة لها الجهد الأيونى الأقل من ٣، والعناصر شحيحة الذوبان ذات جهد بين ٣-٦، أما العناصر ذات الجهد الأكبر من١٢ فقد تتواجد فى صورة مجموعات أنيونيه ذائبة.

* الوحدات الأساسية فى بناء معادن السليكات هى وحدة السليكا الرباعية (تتراهيدرون). وتقسم السليكات تبعا لطريقة ارتباط هذه الوحدات ببعضها البعض ودرجة تكاثفها إلى النيوسليكات والسوروسليكات، والسايكلوسليكات والأينوسليكات ذات السلسلة المفردة أو المزدوجة والفيللوسيليكات ثم التكتوسليكات.

* التركيب المعدنى لحبيبات التربة الخشنه يسوده المعادن الأولية الموروثة من مادة الأصل والمقاومة نسبيا للتجوية ، بينما تتركز معادن الطين الثانوية النشأة فى الحبيبات الناعمة للتربة.

* تتكون معادن الطين الصفائحية من صفائح أساسية هى صفيحة السليكا التتراهيدرالية ، والصفيحة الاوكتاهيدرالية سواء الالومنيومية أو المغنيسية والتى ترتبط مع بعضها بطرق مختلفة تؤدى إلى تكوين معادن مختلفة .

* معدن الكاؤلينيت يتكون من ارتباط صفيحة أوكتاهيدرالية (الجبسيت) مع الصفيحة التتراهيدرالية للسليكا ، وترتبط الطبقات المتعاقبة رأسيا عن طريق روابط هيدروجينية قويه تقفل المسافات البين طبقية ، ويكون النشاط السطحى لها راجعا إلى الأسطح الخارجية فقط.

* معدن المونتموريللونيت يتكون من صفيحتين ، سليكا تتراهيدرالية تحصران بينهما صفيحة أوكتاهيدرالية ، وهو من المعادن المتمددة ذات السعة التبادلية الكبيرة نتيجة حدوث الإحلالات فى الاوكتاهيدرا.

* تتعدد مصادر الشحنات على معادن الطين ، فقد ترجع إلى الإحلال التماثلى للأيونات فى الشباك البللورية ، أو وجود روابط مكسرة وغير مشبعة على المستويات الرأسية للبناء البللورى، أو وجود عيوب بللورية.

* تنعكس صفات معادن الطين على الأراضى التى تحتويها ، فالأراضى التى تحتوى على نسبة سائدة من المونتموريللونيت تكون لها خاصية التمدد بالابتلال والتشقق بالجفاف إلى شقوق واسعه وعميقة ، وتسمى حينئذ بأراضى الفرتيسولس.

٢-١٢ أسئلة الباب الثانى

١- اختر الإجابه الصحيحة :

أ- المعادن التالية معادن أولية النشأة ما عدا :-

(أ)- الأرثوكلاز (ب)- البيوتيت (جـ)- الهيماتيت (د)- الجالينا

ب- أهم معادن الفوسفات هى:-

(أ)- الجبس (ب)- الفلوريت (جـ)- الاباتيت (د)- الألبيت

جـ - معادن الطين تتواجد أساسا فى:-

(أ)- الصخور النارية (ب)- الصخور الرسوبية (جـ)- التربة (د)- ب، جـ معا

د - الصخور النارية الحامضية هى التى تحتوى على نسبة SiO_2- :-

(أ)- اكثر من ٦٥٪ (ب)- ٥٢ - ٦٥٪ (جـ) - ٦٥ - ٧٥٪

هـ- الايونات الذائبه هى التى لها جهد أيونى :-

(أ)- اكبر من ٣ (ب) - أقل من ٣ (جـ) - ٣ - ٦

و - تقدر النسبة المئوية للصخور النارية فى القشرة الارضية بحوالى:-

(أ)- ٩٥٪ (ب) - ٨٥٪ (جـ) - ٨٠٪ (د) - ٧٥٪

ز- كل العناصر التالية مفيدة للنبات ما عدا:-

(أ)- البورون (ب)- النحاس (جـ)- الرصاص (د)-المنجنيز

ح - السليكات الإطارية يمثلها المعادن التالية ما عدا:-

(أ)- الكوارتز (ب)- التلك (جـ)- الفلسبارات

ط- معدن الكاؤلينيت من المعادن الورقيه من نوع:-

(أ)- ٢:١ (ب)- ١:١ (جـ)- ٢:١:١

ى- الاحلال المتماثل هو المصدر الرئيسى للشحنات المسببة للتبادل الكاتيونى فى المعادن التاليه ما عدا :-

(أ)- الكاؤولينيت (ب)- المونتموريللونيت (جـ)- الفيرميكيوليت

ك- تتميز أراضى الفرتيسولس باحتوائها على معدن:-

(أ)- الفيرميكيوليت (ب)- الكلوريت (جـ) المونتموريللونيت

٢- اذكر أهم الفروق فى التركيب الكيميائى لكل من القشرة الأرضية والتربة مع تفسير تلك الفروق ؟

٣- عرف المعدن ، ثم اذكر أهم المعادن السائدة فى الأراضى مبينا أيها ابتدائى النشأة وأيها ثانوى النشأة ؟

٤- ما هى الأقسام الأساسية للصخور ، وما هو توزيعها بالقشرة الأرضية؟ ثم اذكر أهم مواد الأصل للأراضى.

٥- ارسم شكلا توضيحيا للاختلاقات الأساسية فى التراكيب المعدنية لحبيبات التربة ذات الأحجام المختلفة.

٦- قارن بين الصفات الكيميائية لنوعين من الأراضى يسود فى إحداها معدن الكاؤولينيت وفى الأخرى معدن المونتموريللونيت.

٧- أكمل المعادلات الكيميائية التالية:-

أ- ....+ ماء ⟵ طين حامضى + هيدروكسيد بوتاسيوم

$$\ldots\ldots + HOH \longrightarrow HAlSi_3O_8 + KOH$$

ب- كالسيت + حامض كربونيك ⇌ ....

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightleftharpoons \ldots\ldots\ldots$$

جـ- ....+ ماء ⟵ جبس

$$\ldots\ldots + 2H_2O \longrightarrow CaSO_4.2H_2O$$

د- ....+ اوكسجين + ماء ⟵ كبريتات حديدوز + حمض كبريتيك

$$\ldots\ldots + 7O_2 + H_2O \longrightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4$$

هـ - الكبريت + اوكسجين + ماء ـــبكتريا ـــ> ....

Thiobacillus Thiooxidans

٨- أكمل الرموز البنائية التاليه ، ثم استنتج اسم المعدن :-

الرمـــــز	اســم المعــدن
$KA1\ Si_3\ O\ ...$	----------
$A1\ ...\ (Si_2\ O_5)\ (OH)_4$	----------
$A1_2\ (Si_4\ O...)\ (OH)_2$	----------

٩ - اذكر المفهوم العلمى للعبارات التالية :-

المفهوم العلمى	العبـــــارة
	الشحنة الناتجة عن الإحلال المتماثل فى الشبكة البللورية للمعدن.
	وحدة مكونة من ذرة سليكون محاطة بأربع ذرات أوكسچين.
	وحدة مكونة من أيون مركزى محاط بست مجموعات أيدروكسيل فى مستويين.
	دخول كاتيون محل آخر يساوى له فى نصف القطر الايونى فى الشبكة البللورية للمعدن.
	النسبة بين تكافؤ العنصر ونصف القطر الايونى.
	عمليات تفتيت وطحن الصخر دون تغيير تركيبه الكيميائى أو المعدنى.
	المعادن المقاومة للتجوية والتى انتقلت من مادة الأصل إلى التربة دون حدوث تغيير بها.

القسم الثانى

الباب الثالث

المكونات العضوية الصلبة فى التربة



الباب الثالث

المكونات العضوية الصلبة فى التربة

Organic Solid Components in Soil

الأهداف :

بعد دراسة محتوى هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :-

١ - يحدد المركبات المكونة للمادة العضوية الأرضية.

٢ - يذكر دور المادة العضوية فى تحسين الصفات الكيميائية والخصوبية والفيزيائية .

٣ - يتتبع تفاعلات وخطوات تحلل المادة العضوية للأرض .

٤ - يحسب كمية النيتروچين الميسر الناتج من تحلل البقايا النباتية المختلفة .

٥ - يحدد موعد الزراعة للمحصول التالى بعد تقليب البقايا النباتية فى التربة.

٦ - يستنتج أهمية تدوير المادة العضوية والحفاظ على محتوى مناسب منها فى الأرض .

٧ - يصمم برنامجاً للزراعة العضوية فى الأراضى الصحراوية .

٨ - يميز الرموز الكيميائية للمجموعات .

٩ - يشرح أثر التفاعلات الإنزيمية فى تحلل المادة العضوية.

١٠- يذكر العوامل البيئية الأرضية المؤثرة فى تحلل المادة العضوية .

١١- يعرف المفاهيم العلمية الواردة (التى تم دراستها) بدون أخطاء .

العناصر :

١- مقدمة .

٢- مكونات المادة العضوية الأرضية .

٣- تفاعلات الأنزيمية فى تحلل الماده العضوية .

٤- مراحل تحلل المادة العضوية .

٥- نواتج تحلل وانفراد النيتروجين .

٦- العوامل البيئية والأرضية المؤثرة على تحلل المادة العضوية .

٧- تدوير المادة العضوية .

٨- الزراعة العضوية فى الأراضى الصحراوية المصرية .

٩- ملخص الباب الثالث .

١٠- أسئلة الباب الثالث .

١١- نموذج للإجابة على بعض أسئلة الباب الثالث .

الباب الثالث

المكونات العضوية الصلبة فى التربة

Organic Solid Components in Soil

٣-١ مقدمة :

تتكون المادة العضوية فى التربة من البقايا النباتية والحيوانية المتحللة ،حيث تبدأ الأوراق الطازجة المتساقطة والجذور الميتة فى التحلل السريع إلى أن تصبح جزءاً من دبال التربة ، وغالبا ما يتبقى أجزاء منها بدون تحلل لسنوات عديدة ، وبالطبع فإن بقايا المحاصيل والأعشاب weeds والحشائش grasses وأوراق الأشجار والديدان والبكتريا والفطريات والإكتينوميسيتات تعتبر جزءاً من الخليط العضوى . وبالرغم من أن الأراضى المزروعة تحتوى فقط على ١-٥ ٪ مادة عضوية والتى غالبا ما تكون فى الطبقة السطحية للتربة (سمك هذه الطبقة حوالى ٢٥سم) فإن هذه الكمية الصغيرة تعمل على تعديل الخواص الفيزيائية للتربة وتؤثر بدرجة كبيرة على خواصها الكيميائية والحيوية .

تعريف :

مادة الأرض العضوية Soil organic matter هى كل ما تحتويه التربة من بقايا عضوية متحللة أو طازجة سواء كانت من أصل حيوانى أو نباتى أو كائنات دقيقة .

واحتواء الأرض على نسبة ١٪ فقط من المادة العضوية يعنى أن الطبقة السطحية (بعمق ٣٠سم) لفدان واحد تحتوى على حوالى ١٠ طن ، والأراضى الرسوبية النهرية المنتجة زراعيا فى مصر تحتوى فى المتوسط ١٪ من المادة العضوية ، أما الأراضى الصحراوية فإنها فقيرة وراثيا ولا تحتوى على أى نسبة تذكر من المادة العضوية.

وتتم عمليات تحلل المادة العضوية من خلال الدورة العامة للكربون فى الطبيعة ، والتى يمكن تمثيلها بالشكل التخطيطى رقم (١٨) ، حيث يظهر التداخل الوثيق بين كل من الأرض والنبات والحيوان والكائنات الدقيقة بجانب ثانى أكسيد الكربون من الهواء الجوى فى إتمام دورتى البناء والهدم للمادة العضوية فى التربة .

وأثناء تحلل المادة العضوية تنفرد عدة عناصر غذائية فى صورة ميسرة للنبات يعاود امتصاصها ، ولهذا فإنه من الوجهة الكيميائية فإن المادة العضوية هى المصدر الأرضى لكل النتروجين تقريبا ، ولحوالى ٥٠-٦٠٪ من الفوسفور وربما حوالى نسبة تصل إلى ٨٠٪ من الكبريت ، ولجزء كبير من البورون والمولبدنيوم ، التى تحتاجها النباتات فى فصل نمو معين بدون الاستعانة بالتسميد الكيماوى.

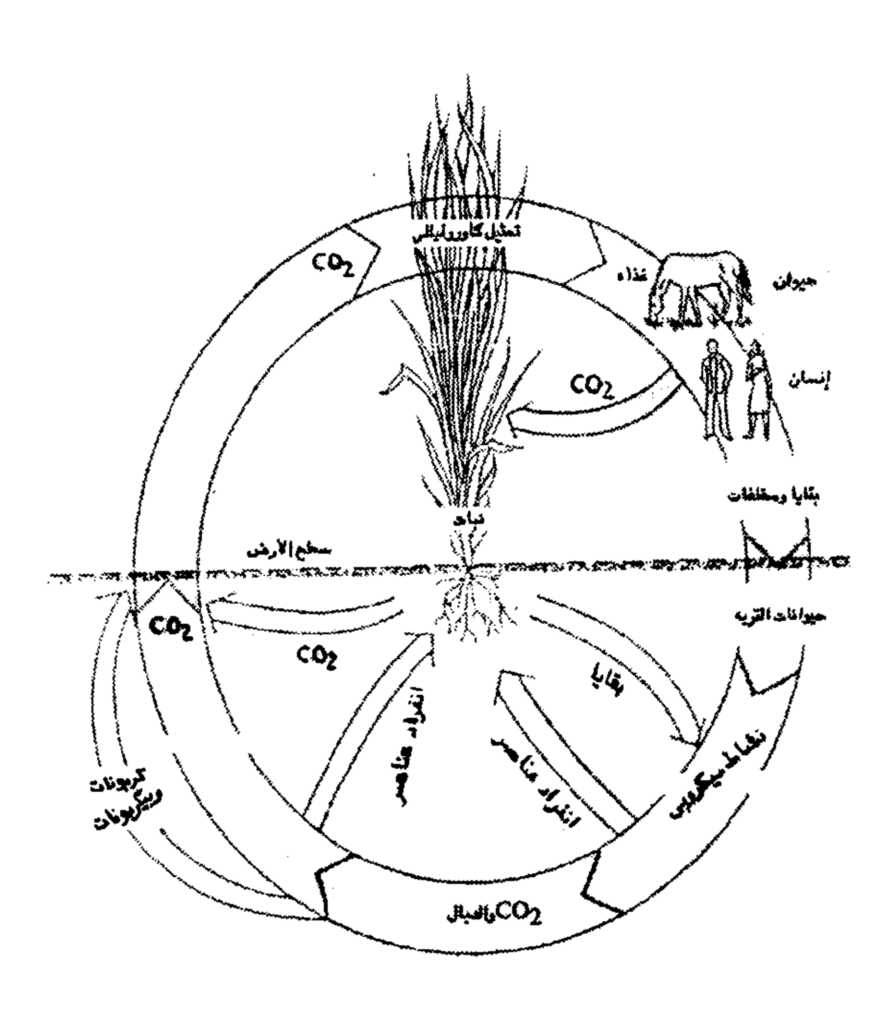
وتعتبر المادة العضوية هى المسئولة عن تكوين البناء الأرضى المرغوب فيه للطبقة السطحية من التربة، كما تشجع تكوين المسام الأرضية ذات الأقطار الواسعة larger pore sizes وأيضا تعمل على تحسين العلاقات المائية الهوائية للتربة water - air relations وتقلل من انجراف التربة سواء بالرياح أو بالمياه .

والمادة العضوية فى تغير مستمر ، وبالتالى فيجب العمل على تعويضها باستمرار لرفع انتاجية التربة soil productivity ، وتشكل البقايا النباتية أهم مصدر معروف من المادة العضوية فهى تمثل ما يقرب من ٧٠٪ ، والمخلفات الحيوانية حوالى ٢٣٪ والباقى مخلفات أخرى، وفى كثير من البلدان وخاصة دول العالم الثالث فى أفريقيا وآسيا فإن البقايا العضوية الميسرة لديها لا تستخدم كلها فى تحسين التربة ، ولكن تستخدم فى أغراض أخرى مثل بناء المساكن وكوقود للحصول على الطاقة اللازمة للطهى .

مصادر المادة العضوية فى الأرض هى :-

١- الأنسجة النباتية والحيوانية سواء كانت راقية أو متدنية .

٢- بقايا ومخلفات النشاطات الإنسانية والحيوانية والنباتية ، والتى تضاف إلى الأرض فى صور مختلفة .



شكل رقم : (١٨) دورة الكربون والمادة العضوية فى الطبيعة

٣-٢ مكونات المادة العضوية الأرضية

Composition of soil organic matter

تحتوى المادة العضوية الأرضية على عدد هائل من المركبات العضوية المتباينة فى درجة تحللها والمختلفة فى تركيبها الكيميائى ، حيث يشكل الكربون حوالى نصف المادة العضوية وكميات أقل من الأكسيجين والهيدروجين بالإضافة إلى كميات صغيرة من النتروجين والفوسفور والكبريت وعناصر أخرى كثيرة . وترتبط ذرات الكربون مع بعضها مكونة سلاسل كربونية بأطوال وروابط عديدة مكونة الأسس الهيكلية للمركبات العضوية التى تملؤها باقى العناصر لتكون المجاميع المختلفة لمركبات المادة العضوية مثل البروتينات proteins واللجنينات lignins والكربوهيدرات carbohydrates والزيوت oils والدهون fats والشموع waxes ومركبات عضوية أخرى عديدة . ويمكن تقسيم المادة العضوية فى التربة إلى جزءين على حسب درجة تحللها إلى :-

١- مواد عضوية فى دور التحلل ومازالت عملية الهدم والتحلل بها نشطة .

٢- مواد عضوية فى مراحل متقدمة من التحلل أو فى أدوار التحلل النهائى الذى يميل إلى الثبات وهى ما يطلق عليها الدبال Humus .

دبال التربة Soil humus هو ذلك المعقد الذى يشكل المركبات المتبقية أو المتخلفة بعد عملية هدم كيميائى وبيولوجى شاملة للبقايا النباتية والحيوانية الطازجة مشكلا حوالى ٦٠-٧٠ ٪ من الكربون العضوى الكلى فى التربة .

وبسبب تعقيد دبال التربة فإنه غالبا ما يقسم إلى مكوناته الرئيسية الثلاثة وهى:

١- حمض الفلفيك	Fulvic acid
٢-حمض الهيوميك	Humic acid
٣-الهيومين	Humin

ويمكن الحصول على هذه المكونات عن طريق الإذابة التفاضلية selective dissolution للدبال ، والذى بمعاملته بمحلول الصودا الكاوية المخففة (NaOH) يتم فصل الهيومين غير الذائب بينما يذوب المكونان الآخران ، وعند معالجة الجزء الذائب

بالحمض المخفف فإن حمض الهيوميك يترسب ويبقى حمض الفلفيك ذائبا ، ويرجع ذلك إلى أن مركبات حمض الفلفيك ذات وزن جزيئى منخفض كثيرا عن مركبات حمض الهيوميك ، والذى بدوره له وزن جزيئى أقل من الهيومين ، ويتأكد ذلك من احتواء حمض الفلفيك على أقل نسبة من عنصر الكربون وأعلى نسبة من عنصر الأوكسيجين عند مقارنته بكل من حمض الهيوميك والهيومين .

يمكن أيضا استخلاص الصور المختلفة للمادة العضوية باستخدام بعض المذيبات العضوية ومحاليل الأملاح.

مثال محلول :- ?

١ - قارن بين كل من حمض الهيوميك والفلفيك من حيث الخصائص الكيميائية والتركيب الكيميائى .

الحل - يمكن إجراء هذه المقارنة فى الجدول الآتى :-

الخاصية (و التركيب الكيميائى	حمض الهيوميك	حمض ا لفلفيك
اللــــون	بنى داكن	بنى فاتح
الكربون ٪	مرتفع نسبياً	منخفض نسبياً
الأكسجين ٪	منخفض نسبياً	مرتفع نسبياً
النيتروچين ٪	مرتفع نسبياً	منخفض نسبياً
نسبة المجموعات الفعالة	منخفض نسبياً	مرتفع نسبياً
الوزن الجزيئى	مرتفع نسبياً	منخفض نسبياً

ويعتبر دبال التربة فى تغير مستمر مما يؤدى إلى حدوث تعديلات فى الخليط المعقد، وتأخذ الجزئيات الكبيرة (مثل السليلوز- البروتينات - وغيرها) أشكالا متعددة ، أهمها الأشكال الكتلية غير المنتظمة ذات النسيج الإسباجيتى المتشابك مع بعضه ، وتكون الأسطح المعرضة والسلاسل القصيرة لهذا النسيج هى المجاميع النشطة التى تستخدم كمواقع للتبادل الكاتيونى (مواقع ذات شحنة كهربية سالبة)، والتى من خلالها أيضا يتم إدمصاص جزئيات الدبال على أسطح الطين . وبعض هذه المجاميع النشطة أو الفعالة functional groups والتى تبرز من الكتلة الجزيئية للدبال من أماكن مختلفة يمكن

توضيحها كما يلى :

- Carboxyl (acid group). $\boxed{R} - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - OH$ or $\boxed{R} - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - \bar{O}$

- Hydroxyl (phenol or alcohol group) $\boxed{R} - OH$ or $\boxed{R} - \bar{O}$

- Carboxyl (keto or ester group) $\boxed{R} = O$ or $\boxed{R} - \bar{O}$

- Amide (ammonium group) $\boxed{R} - NH_2$ or $\boxed{R} - NH_3^+$ or $\boxed{R} - NH$

والرمز $\boxed{R}$ يرمز إلى الجزىء الكبير أو السلسلة الجزيئية العضوية المرتبط بها المجموعة الفعالة السابق بيانها . وتظهر الشحنات السالبة أو الموجبة نتيجة لفقد أو اكتساب أيون H^+ كما هو موضح . ويرجع السبب الرئيسى لظاهرة التبادل الكاتيونى لدبال التربة إلى هذه المجاميع الفعالة ، كما يرجع إليها أيضا إدمصاص المبيدات والأسمدة على الدبال .

ونظرا لطبيعة الدبال المعقدة جدا ، فإنه يحتوى ليس فقط على المركبات الحامضية (فلفيك - هيوميك - هيومين) بل توجد مركبات أخرى تدخل ضمن هذا المعقد مثل الأمينات السكرية Sugar amines ، الأحماض النووية nucleic acids ، الفوسفوليبيدات phospholipids والفيتامينات vitamins ، والليبيدات الكبريتية sulfolipids وتعتبر الليبيدات دهوناً عضوية ذائبة فى الماء ، هذا بالإضافة إلى السكرات العديدة polysaccharides (مثل النشا والسليلوز) ، والتى لها جزيئات كبيرة ذات سلاسل طويلة تعمل على ربط التجمعات الأرضية مع بعضها ، وكل هذه المركبات ذات طبيعة معقدة وأصلها التكوينى غير مؤكد ، وربما تكون متبقية أو متخلفة عن تحلل البقايا النباتية ، أو متخلفة من الميكروبات القائمة بعملية التحلل ، أو هى بقايا تحلل أجسام الميكروبات بعد موتها.

تعريف :-
المجموعات الفعالة Functional groups هى مجموعات كيميائية نشطة ترتبط بسلاسل عضوية كبيرة وتظهر عليها الشحنات السالبة أو الموجبة نتيجة لفقد أو إكتساب البروتونات (أيون الأيدروجين) وعادة ما تكون هذه مجموعات للكاربوكسيل والهيدروكسيل والأميد والكيتون والاستر.

٣-٣ التفاعلات الإنزيمية فى تحلل المادة العضوية :

Decomposition reactions of organic matter

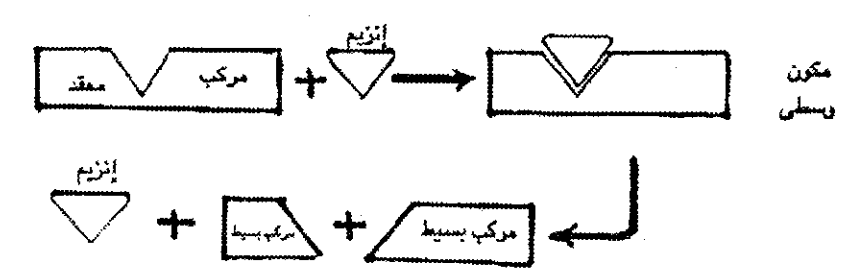
أثناء عملية التمثيل الضوئى photosynthesis يقوم النبات بواسطة مادة الكلوروفيل الخضراء بتصنيع المكونات العضوية وتخزين الطاقة الشمسية Solar energy فى هذه المركبات، وعندما تتعرض هذه المكونات للتحلل الميكروبى تنفرد تلك الطاقة مرة أخرى . وعلى أية حال، فإن عملية التحلل لها طاقة تنشيط activation energy يجب التغلب عليها وتقليلها .

- التمثيل الضوئى Photosynthesis عبارة عن قيام النبات بواسطة مادة الكلوروفيل الخضراء بتصنيع الكربوهيدرات بإستخدام ثانى أكسيد الكربون من الهواء الجوى مع الماء فى وجود الطاقة الشمسية مع إنتاج أكسجين .

- طاقة التنشيط Activation energy هى مقياس للطاقة اللازمة لتحويل الجزيئات إلى حالة نشطة أو قابلة للتفاعل تمهيدا لكسر الروابط الكيميائية داخل هذه الجزيئات العضوية .

ولإتمام العمليات الحيوية تحت الظروف الطبيعية فلابد من توفر وسائل لاختزال هذه الطاقة ، وتأتى فى مقدمة هذه الوسائل دخول الإنزيمات Enzymes فى التفاعلات الحيوية حيث تقوم بخفض طاقة التنشيط بين الروابط الكيميائية للمركب المعقد مما يؤدى إلى تكسره وهدمه إلى مركبات أبسط .

ويمكن تمثيل الدور الذى يقوم به الإنزيم فى التفاعلات الحيوية كالآتى :-



ولكل مركب من المركبات العضوية الشائعة التواجد فى التربة الإنزيم الخاص بتحليله ، فإنزيم الفوسفاتيز يقوم بتكسير الرابطة الفوسفاتية فى المواد العضوية أما إنزيم البروتييز فيقوم بتكسير البروتينات ..... والجدول رقم (٨) يبين أمثلة لبعض هذه الإنزيمات المعروفة والتفاعلات التى تستطيع القيام بها .

جدول رقم (٨) : بعض الأنزيمات المعروفة والتفاعلات التى تقوم بها فى تحلل المواد العضوية الأرضية

إسم الأنزيم	العمل القائم به
Cellulase	يقوم بتكسير السليلوزات (ألياف الجدر الخلوية – الخشب) ذات السلاسل الطويلة المكونة من مئات الوحدات السكرية ويكون ناتج التفاعل وحدات السكر ، وهو هام في عملية تحلل المادة العضوية .
Urease	يقوم بتكسير جزيء اليوريا $H_2N-CO-NH_2$ إلى ماء و ثاني أكسيد الكربون والأمونيوم ، وهو يبسط نيتروجين سماد اليوريا ، وكذلك نيتروجين بول الحيوانات ويجعله ميسرا لإمتصاص النبات
Phosphatase	يقوم بتكسير الرابطة الفوسفاتية على الدبال "humus-S-O-P(=O)-(OH)2" في وجود الماء لينتج بعد التفاعل "humus-OH" and H_3PO_4 أي يساعد في تحلل الدبال وإنفراد الفوسفور الميسر لإمتصاص النباتات.
Sulfatase	يقوم بتكسير الرابطة بين الكبريت والدبال ، humus-O-S(=O)(=O)-OH ، في وجود الماء ، وينفرد الكبريت ميسرا للنبات (humus-OH and H_2SO_4)
Protease	يقوم في وجود الماء بتكسير البروتينات وإنفراد الأحماض الأمينية $[R_1-(NH)-C(=O)-R_2] \longrightarrow (R_1-NH_2$ and $HO-C-R_2)$ أي تكسير الرابطة بين حمضين أو أجزاء بروتينية (عملية الهضم في الأنسجة الحيوانية)

وتنتج الأنزيمات بواسطة النباتات والحيوانات والكائنات الحية الدقيقة ، ويمكنها العمل سواء داخل الخلية الحية أو خارجها - وغالبا ما يكون المصدر الأساسى للأنزيمات فى التربة ميكروبياً . وكثيرا ما تفرز الخلايا الحية الكثير من الإنزيمات إلى الخارج لكى تقوم بوظيفتها على مادة التحلل المعنيه Substrate ، كما توجد أنزيمات أخرى حرة فى التربة لوقت قصير نتيجة تهشم الخلايا أو موتها . وينتج الميكروب أنزيمات مختلفة الأنواع كما تشترك ميكروبات عديدة فى إنتاج نفس الأنزيم .

ويمكن أن يحدث للإنزيمات الحرة فى التربة عدة حالات منها :

١- يمكنها القيام بوظيفتها لفترة قصيرة قبل أن تتغير كيماويا بواسطة إنزيمات أخرى .

٢- تصبح غير نشطة نتيجة تغير طبيعتها denaturated بسبب مواد أو تفاعلات تغير من شكل البروتين فيها ، كارتفاع درجة الحرارة أو ارتفاع تركيز الأملاح الذائبة فى البيئة.

٣- تصبح غير نشطة بسبب شغل أو انسداد المواقع الفعالة عليها والخاصة بمادة معينة Substrate ، مثل ادمصاص الإنزيمات على غرويات الدبال أو حبيبات الطين أو ارتباط الإنزيمات ببعضها أو ببعض كيماويات أخرى ولا تنفصل عنها، كما هو الحال عند تأدية وظيفتها العادية .

تعريف :-

الإنزيم Enzyme : يتكون من البروتين ويقوم بتخفيض طاقة المركب إلى الحد الذى يسمح بتكسير رابطة معينة فى المركب تحت الظروف الطبيعية ، وهى لاتستهلك أثناء التفاعل ؛ أى أنها تقوم بدور العامل المساعد فى التفاعل Catalyst ، ويعطى الإنزيم اسماً يدل على التفاعل القائم به مضافا إليه المقطع ase .

٣-٤ خطوات تحلل المادة العضوية Decomposition action

بعد موت الكائنات الدقيقة تتهشم أغشية خلاياها وتذوب جميع مركبات الخلية (المركبات الذائبة فى الماء) مما يؤدى إلى تحرك هذه المواد سواء فى التربة أو فى محلول التربة . أما المركبات العضوية غير الذائبة فى الماء فإن معظمها يتغير ببطء حتى يتم مهاجمتها ميكروبيا وتتحلل أو تتبسط فى تركيبها . وتفرز البكتريا والفطريات والكائنات الحية الأخرى القائمة بالتحلل إنزيمات مختلفة الأنواع تساعد فى بدء عملية

التحلل ، وتمتص الميكروبات العناصر الغذائية المنفردة أثناء عملية التحلل خاصة النيتروجين والكربون اللازمين لعملية النمو والتكاثر، ويتناسب معدل التحلل طرديا مع عدد الميكروبات الموجودة في بيئة التحلل ، حيث إنه بمجرد أن يبدأ التحلل، نجد أن المعدل يتزايد بسرعة نتيجة تضاعف أعداد الميكروبات .

وبالرغم من أن نفس العناصر الغذائية اللازمة للنباتات هى نفس اللازمة للكائنات الحية الدقيقة القائمة بعملية تحلل المادة العضوية ، إلا أن تركيز عنصر النيتروجين الذى يمثل جزءاً صغيراً بالنسبة لعنصر الكربون ، هو المتحكم غالبا فى معدل التحلل بسبب احتياج الميكروبات له لبناء البروتين وبالتالى تزايد أعدادها فى البيئة .

وتعتبر نسبة carbon: nitrogen ratio (C:N) سواء للمادة العضوية المضافة للتربة أو للكائنات الدقيقة الحية من أهم العوامل المحددة لعملية وسرعة تحلل هذه المادة.

تعريف :-

نسبة الكربون :النيتروجين C:N Ratio فى المادة العضوية ، هى النسبة العددية بين النسبة المئوية للكربون فى المادة العضوية والنسبة المئوية لعنصر النتروجين بها ... أى أن :-

نسبة الكربون : النيتروجين = الكربون ٪ : النيتروجين ٪

وتدل نسبة الكربون العضوية : النيتروجين الكلى الواسعة – على انخفاض المادة نسبيا فى محتواها من النيتروجين . وفى الجدول التالى (رقم ٩) نورد أمثلة لبعض المواد العضوية المعروفة وميكروبات التربة والدبال لبيان نسب النيتروجين الكلى والكربون العضوى بها منسوبة لوزنها الكلى ، وكذلك نسبة C: N بها.

جدول رقم (٩):- النسب التقريبية لكل من الكربون العضوى والنيتروجين الكلى

وكذلك نسبة C:N لبعض المواد العضوية المعروفة المضافة إلى أو النامية على الأراضى الزراعية .

المـواد العضوية	الكـربـون العضـوى ٪	النيتـروجـين الكلى ٪	نسبة C:N
بقايا المحاصيل			
- ألفالفا alfalfa (صغير السن).	٤٠	٣,٠	١ : ١٣
- البرسيم Clover (نباتات ناضجة).	٤٠	٢,٠	١ : ٢٠
- حشيشة الـ Bluegrass .	٤٠	١,٣٠	١ : ٣٠
- سيقان الذرة corn Stalks .	٤٠	٠,٧	١ : ٦٠
- القش Straw, small grain .	٤٠	٠,٥	١ : ٨٠
- نشارة الخشب Sawdust .	٤٥	٠,٢	١ : ٢٢٥
ميكروبات التربة :			
- البكتريا Bacteria .	٥٠	١٠,٠	١ : ٥
- الأكتينوميستيات	٥٠	٨,٥	١ : ٦
- الفطريات Fungi .	٥٠	٥,٠	١ : ١٠
- دبال التربة : Soil Humus .	٥٠	٤,٥	١ : ١١

وكما يتضح من الجدول ، فإن البكتريا تعتبر مستهلكاً عالياً للنيتروجين ذات نسبة C:N ٥:١ أو ٤:١ ، وبمعنى آخر فإنها تحتاج وحدة نيتروجين مقابل ٤ أو ٥ وحدات من الكربون . فإذا أضيف القش إلى التربة وقلب أو خلط (C:N = ٨٠) ، وهو ذو محتوى منخفض من النيتروجين ، كما أن التربة ذات محتوى منخفض أيضا من النيتروجين - فإن البكتريا تتزايد فى التربة ببطء ؛ لأن القش فى هذه الحالة يعتبر غذاء ذا محتوى منخفض من العنصر للكائنات الدقيقة الحية القائمة بالتحلل.

ويمكن إسراع عملية التحلل بإضافة نيتروجين للتربة عن طريق الأسمدة الكيماوية عادة لسد الاحتياجات الميكروبية والنباتية ، وإلا فإن المنافسة فى حالة عدم إضافة

النيتروجين ستكون فى صالح الكائنات الدقيقة وليست فى صالح النباتات وذلك لتواجد الأولى بأعداد هائلة كما أنها تكون فى حالة تلامس كبير بالعنصر مما يجعلها قادرة على إستخدام معظم النيتروجين الميسر قبل أن يصل إلى أسطح الجذور . ونفس الوضع يعتبر صحيحا بالنسبة لعنصرى الفوسفور P ، الكبريت S وإلى حد ما بالنسبة لبعض المغذيات الأخرى ، ولتوضيح ذلك نسوق المثال العددى التالى :

مثال محلول :- حقل منزرع ذرة شامية أنتج ٣٠٠٠ كجم /فدان بقايا نباتية وبفرض أنها دفنت كلها فى الأرض فإنها سوف تضيف إليها:-

١٢٠٠ كجم كربون (بنسبة ٤٠٪)

٢٠ كجم نيتروجين (نسبة C:N = ٦٠)

* وعند توفر النيتروجين فى الأرض وإذا استخدم ٧٥٪ من الكربون فى إنتاج الطاقة للكائنات الدقيقة ، بينما يستخدم ٢٥٪ فى بناء أجسامها ، فإن التحلل يتم بسرعة. وعليه فإن ميكروبات التربة سوف تحتوى على :-

٣٠٠ كجم كربون (٢٥٪ من كربون النبات) ، وهذا يستلزم

توفر ٣٧٫٥ كجم نيتروجين (نسبة C:N = ٨) ،

مما يؤدى إلى استهلاك ١٧٫٥ كجم (٣٧٫٥ - ٢٠) من النيتروجين الميسر فى التربة ، وبالطبع سوف يحرم منه النبات .

* عند عدم توفر النيتروجين الميسر فى التربة فإن التحلل سيتم ببطء وسيكون محدودا، وبالتالى تحتوى ميكروبات التربة على :-

٢٠ كجم نيتروجين (من البقايا النباتية)

١٦٠ كجم كربون (نسبة C:N =٨)

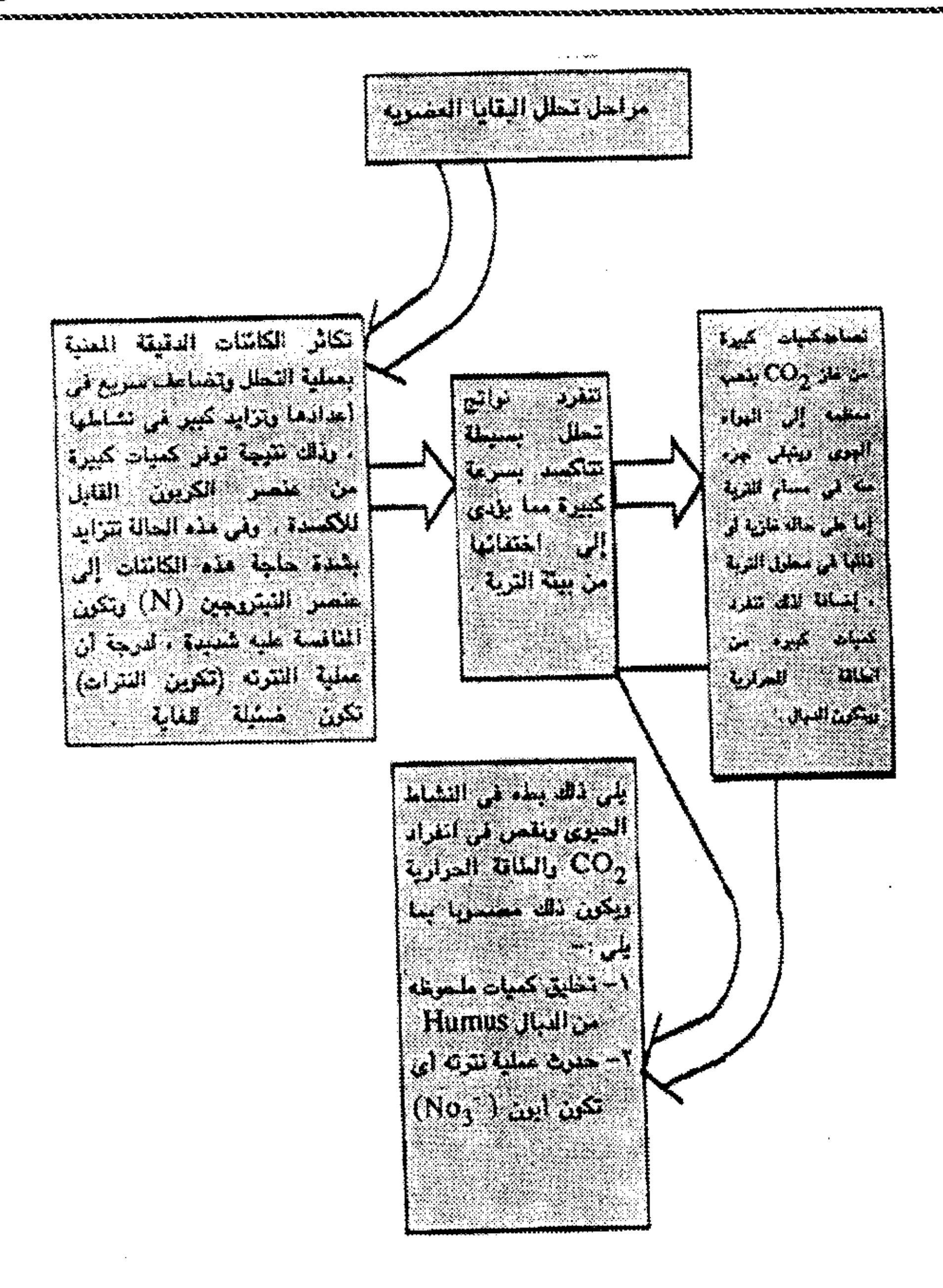
وبالتالى يبقى حوالى نصف كمية الكربون النباتى فى التربة دون تحلل فى إنتظار توفر النيتروجين اللازم لتحللها .

وبتقدم عملية التحلل، فإن كثيراً من الكربون المنفرد يتصاعد إلى الهواء الجوى على صورة CO_2 مما يؤدى إلى ضيق نسبة C:N فى المادة العضوية ، ومن ضمنها بالطبع

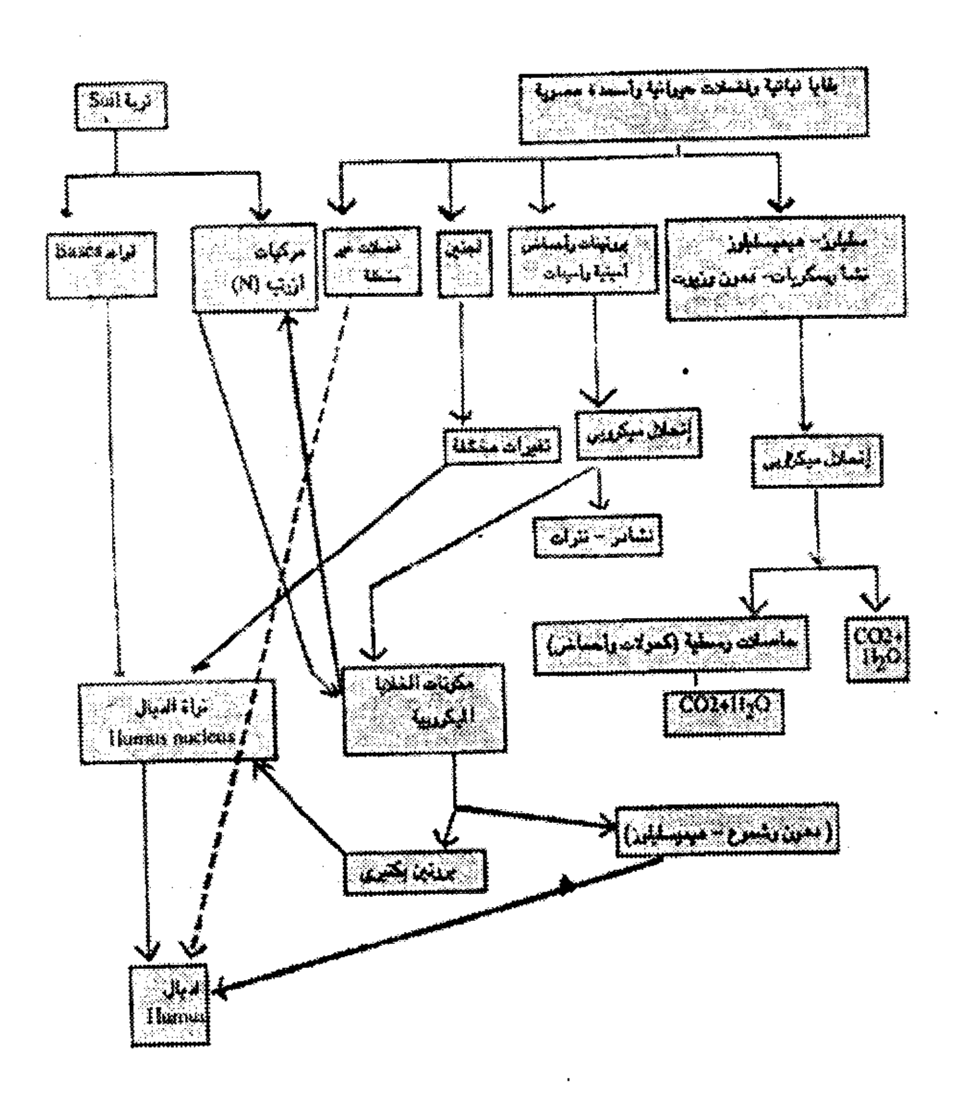
أجسام الميكروبات ؛ لأن الكمية المفقودة من النيتروجين نتيجة لذلك تكون ضئيلة جدا إذا ما قورنت بالكميات الكبيرة من الكربون المتصاعد على صورة غازية (CO_2) .

وفى النهاية ، فإن البقايا السهلة التحلل تختفى من بيئة التحلل ، بينما تتبقى المواد أو البقايا الصعبة فى التحلل أو التى تتحلل ببطء شديد، وبالتالى يصبح مصدر الطاقة محدوداً للغاية، مما يترتب عليه موت البكتريا والفطريات التى تتحلل أجسامها ذات المحتوى العالى من النيتروجين بواسطة الكائنات الدقيقة الحية الأخرى، ويتصاعد نتيجة لذلك CO_2 وينفرد بعض النيتروجين ذائبا فى محلول التربة ، وهذا النيتروجين يكون ميسرا لإمتصاص النباتات النامية. (انظر الشكل التخطيطى رقم ١٩، ٢٠).

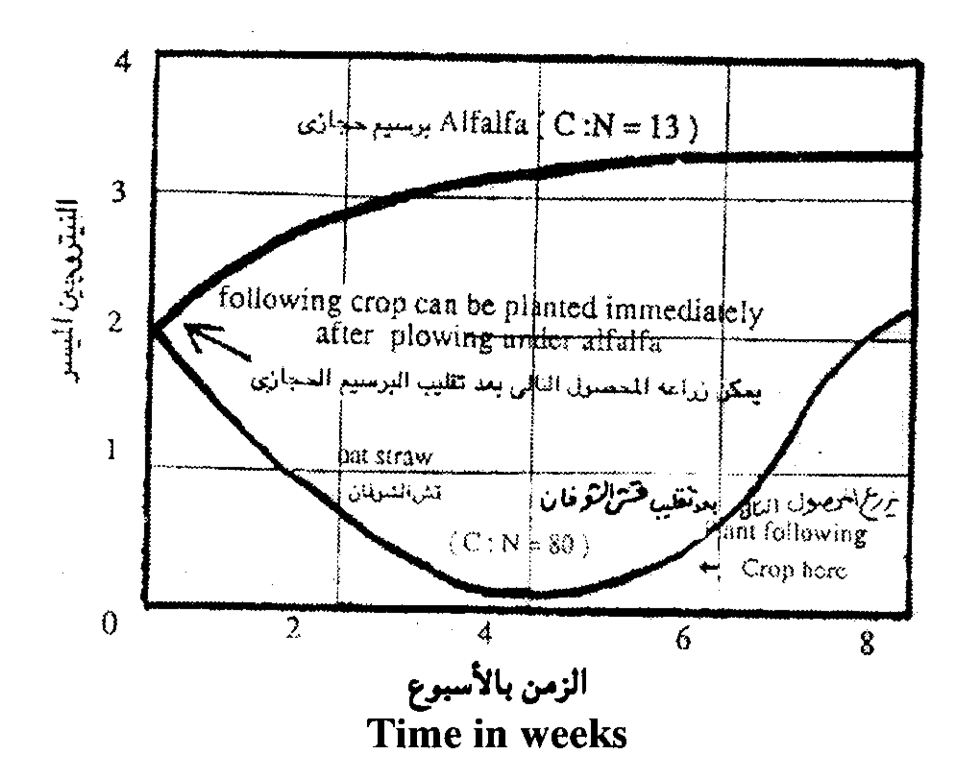
وتحتوى طبقة التربة السطحية على كثافة عالية من الكائنات الحية الدقيقة ، ويتوافر لها مصادر كافية من النيتروجين، حيث إن البقايا النباتية ذات نسبة C:N تساوى ٢٠ أو أضيق من ذلك بها نيتروجين كافى لإمداد الكائنات الحية الدقيقة القائمة بالتحلل وكذلك للانفراد على صورة صالحة لاستخدام النباتات . أما البقايا ذات النسبة من ٢٠ إلى ٣٠ فإن محتواها من النيتروجين يكون كافيا للتحلل ولكنه ليس كافيا بدرجة كبيرة لكى ينفرد صالحا للنباتات . وبعد أسابيع قليلة من إضافة البقايا العضوية ذات النسبة الأكبر من ٣٠ يكون التحلل بطيئا بسبب نقص النيتروجين عن ما يكفى لاستخدامات الكائنات الدقيقة لكى تتزايد أعدادها، مما ينتج عنه لجوؤها إلى استخدام النيتروجين المتواجد بالتربة . وفى حالة تلاؤم الظروف البيئية فإن معدل تحلل البقايا النباتية يكون سريعا فى الغالب خلال الأسبوعين الأول بعد الإضافة ، ويظهر ذلك من الشكل (رقم ٢١) الذى يبين العلاقة بين نسبة C:N فى البقايا النباتية (البرسيم الحجازى ، ألفالفا ، أو قش الشوفان oat straw) والنيتروجين المنفرد على صورة ذائبة بعد الإضافة . ومنه يمكن ملاحظة الفروق الرئيسية سواء بين كميات النيتروجين عند تحلل كلا النوعين من البقايا النباتية أو بين مواعيد الزراعة التى يوصى بها للحصول على أقصى استفادة من النيتروجين الميسر .



شكل رقم (١٩) مراحل تحلل البقايا العضوية الطازجة عند إضافتها إلى الأرض



شكل رقم (٢٠) : مراحل نشأة الدبال فى التربة



شكل رقم (٢١) : العلاقة بين نسبه C: N للمادة النباتية والنيتروجين الميسر الناتج عقب إضافتها للتربة

ويستفاد من هذا الشكل فى تحديد زراعة المحصول التالى عقب تقليب المخلفات النباتية المختلفة فى التربة أو استخدام التسميد الأخضر Green manuring الذى يتلخص فى زراعة محصول بقولى وتقليب النمو الخضرى بالكامل فى التربة ليستفيد من نواتج تحللها النبات التالى .

تطبيق :- مستعيناً بالشكل (٢١) اذكر متى يمكن زراعة المحصول التالى عقب استخدام البرسيم الحجازى أو الشعير فى التسميد الأخضر للاراضى الصحراوية.

الإجابة :- يمكن زراعة المحصول التالى مباشرة عقب تقليب البرسيم الحجازى بينما يجب الانتظار حتى مرور ٤ - ٥ أسابيع بعد تقليب الشعير حتى يزرع المحصول التالى .

٣-٥ نواتج التحلل وانفراد النيتروجين

Products of decomposition and nitrogen release

تكون نواتج التحلل النهائية فى الترب الجيدة التهوية هى CO_2, NH_4^+ NO_3^-, $H_2PO_4^-$, $SO_4^=$, H_2O وبقايا مقاومة للتحلل ، بالإضافة إلى كميات صغيرة من العناصر الغذائية الضرورية للنبات ، أما إذا كانت التربة غير جيدة التهوية فتكون النواتج غير مستحبة ، فعلى سبيل المثال تحت الظروف اللاهوائية anaerobic conditions ينتج كميات محسوسة من غاز الميثان (CH_4) الذى يسمى بغاز المستنقع Swamp gas ، كما ينتج أيضا أحماض عضوية (R- COOH) وأيون الأمونيوم (NH_4^+) وعديد من البقايا الأمينية ($R-NH_2$) ، وبعض الغازات السامة مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S والإيثيلين $H_2C=CH_2$. وبالطبع يكون من نواتج التحلل فى الحالتين البقايا الدبالية التى تقاوم الفعل التحللى ، حيث تمنع الظروف اللاهوائية أو تعيق عمل بكتريا التأزت nitrifiers التى تؤكسد أيون NH_4^+ إلى أيون NO_3^- وهى الصورة النيتروجينية الأكثر ملائمة للامتصاص بواسطة كثير من النباتات.

> بكتريا التأزت Nitrifiers هى بكتريا تقوم بأكسدة الأمونيوم NH_4^+ إلى نيترات NO_3^- على مرحلتين يقوم بكل منها نوع محدد من الكائنات :-
>
> بكتيريا Nitrosomonas تؤكسد الأمونيا إلى نيتريت $(NO_2)^-$ ثم تقوم بكتيريا Nitrobacter بأكسدة النيتريت إلى نيترات $(NO_3)^-$

وتؤدى عمليات تحلل المادة العضوية ذات نسبة ضيقة من C:N إلى انفراد النيتروجين الميسر للنبات (شكل رقم ٢١) ويتم ذلك فى المواد التى بها نسبةC:N أقل من ٢٠ على اعتبار أن ٢٥٪ فقط من الكربون هو الذى يدخل فى تركيب أجسام الميكروبات ليعطى نسبة C:N = ٨ والجدول رقم (١٠) يوضح أنه بزيادة نسبة C:N عن ٣٠ يحدث نقص للنيتروجين الميسر فى التربة .

جدول رقم : (١٠) تأثير نسبة C:N على انفراد أو نقص النيتروجين الميسر للنبات فى التربة

نسبة C : N	النيتروجين المنطلق (ملليجرام)	النيتروجين المستهلك (ملليجرام)	الكربون المنطلق CO_2 (ملليجرام)
١ : ٢٠	٢٢,٢	صفر	٢٨٧
١ : ٢٨	٣, -	صفر	٢٨٠
١ : ٥٠	صفر	٢,٧٥	٢٠٠
١ : ٢٠٠	صفر	٨,٩	١٨٨

ومن الكربون المنطلق على صورة ثانى أكسيد الكربون CO_2 أثناء التحلل يلاحظ أيضا أن المادة العضوية ذات النسبة الضيقة من ضلجه تتحلل أسرع بنسبة ٥٠٪ عن تلك ذات النسبة الواسعة وهذه لها أهمية تطبيقية من ناحية التسميد الأخضر green manuring حيث إنه كلما كانت النباتات صغيرة فى العمر كان معدل تحللها أسرع وينفرد منها كميات أكبر من النيتروجين الميسر للنبات فى التربة .

؟ مثال عددى محلول :-

واحد طن من البرسيم الحجازى له نسبة C:N = ١٣ يحتوى على :-

٤٠٠كجم كربون (٤٠٪)

٣١ كجم نيتروجين (نسبة C:N =١٣)

والكميات التى تتواجد فى أجسام الميكروبات هى :-

١٠٠كجم كربون (٢٥٪ من الكربون الكلى فى النبات)

١٣كجم نيتروجين(نسبة C:N =٨)

وعلى ذلك ، فإنه نتيجة لتحلل الطن الواحد من البرسيم الحجازى يؤدى إلى انطلاق ١٨كجم نيتروجين (٣١-١٣) ميسر للنبات فى التربة ، هذا بالإضافة إلى النيتروجين الذى ينطلق مرة أخرى عند تحلل أجسام الميكروبات فى التربة .

وتختلف أيضا كميات النيتروجين المنطلقة أثناء التحلل على حسب قوام التربة Soil texture ، ويرجع ذلك إلى اختلاف النشاط الميكروبى ومعدل تحلل المادة العضوية ، حيث نجد أن معدل تحللها فى الأراضى الرملية سريع جدا إذا ما قورن بذلك فى الأراضى الطينية ، ويظهر ذلك جليا فى جدول رقم (١١) .

جدول رقم (١١) : كميات النيتروجين المنفردة سنويا من ثلاث أراضى مختلفة القوام بها مستويات مختلفة من المادة العضوية

نسبة المادة العضوية فى التربة %	كمية النيتروجين المنفردة (كجم / فدان)		
	طميية رملية Sandy loam	طميية سلتية Silty loam	طميية طينية Clay loam
١	٢٠	٨	٦
٢	٤٠	١٨	١٦
٣	-	٢٧	١٨
٤	-	٣٦	٣٠
٥	-	٤٤	٣٦

هذا ويؤدى التحلل السريع للمادة العضوية فى الأراضى الرملية إلى فقد كبير للنيتروجين المنفرد ، خاصة وأن لهذه الأراضى قدرة منخفضة على الاحتفاظ بالعناصر والمياه .

فوائد مادة الأرض العضوية .Benifits of Soil O.M

تتعدد فوائد المادة العضوية وتتنوع ويمكن حصر بعضها فيما يلى :-

١- تعتبر المصدر الرئيسى لحوالى ٩٠-٩٥٪ من نيتروجين الترب غير المسمدة كيماويا .

٢- تعتبر المصدر الرئيسى لكل من الكبريت والفوسفور الصالحين لامتصاص النبات بشرط ألا تقل نسبة الدبال فى التربة عن ٢٪ .

٣- تمد التربة، سواء بطريق مباشر أو غير مباشر - بالمواد اللاحمة التى تؤدى إلى تكوين تجمعات التربة، خاصة تلك المواد السكرية ذات السلاسل الطويلة مثل السكرات العديدة Polysaccharides .

٤- تساهم فى السعة التبادلية الكاتيونية (مقدار المساهمة فى حدود ٣٠-٧٠٪ من الكمية الكلية للكاتيونات) ، وبالتالى تحفظ المغذيات النباتية للاستخدام الغذائى للنبات، وأيضا تعمل على تخليص مياه الرى الملوثة بالمخلفات من العناصر الثقيلة مثل الرصاص lead والكادميوم Cadmium وغيرها عن طريق ادمصاصها على مواقع التبادل.

٥- تعمل على زيادة محتوى التربة من الرطوبة عند السعة الحقلية، وكذلك زيادة الماء الميسر فى الأراضى الرملية . كما تعمل على زيادة تهوية التربة ومعدل مرور الماء من خلال الأراضى نتيجة تكوين التجمعات الأرضية وبالتالى زيادة المسام الواسعة.

٦- لها فعل مخلبى Chelating action فى ربط عناصر مثل الحديد والزنك والنحاس والمنجنيز مكونة مركبات ذائبة ، مما يسهل حركة مثل هذه المغذيات فى التربة ، وكذلك زيادة صلاحيتها للنباتات .

٧- مصدر كربونى لكثير من الميكروبات النافعة فى التربة .

٨- إذا تركت على سطح التربة، فإنها تحميها من فعل عوامل الانجراف Erosion (مياه الأمطار الساقطة أو جريان المياه على سطح الأرض أو الرياح). كما تحفظ الرطوبة من الفقد السريع، وأيضا تعمل على حفظ حرارة التربة سواء فى الشتاء أو الصيف .

٩- ينفرد من الجذور الميتة حديثا وكذلك من الميكروبات، فى المحلول الأرضى عديد من الفيتامينات والهرمونات ومنشطات النمو ومواد أخرى ظهر أن لبعضها تأثيرات مفيدة على نمو النباتات القائمة، وبالتالى، زيادة محصولها .

حيث تنتج الكائنات الحية الدقيقة فى التربة بعض منشطات النمو Growth Promotors مثل إندول حمض الخليك (Indole acetic acid (IAA وحمض الجبريليك Gibberellic acid وهذه المواد تعمل على زيادة نمو النباتات بصورة غير عادية نتيجة لتنشيط النموات الجذرية ومساعدتها على الانتشار فى التربة .

٣-٦ العوامل البيئية والأرضية المؤثرة فى تحلل المادة العضوية

Environmental and Soil factors affecting decomposition of organic matter

هناك مجموعة من العوامل البيئية والأرضية التى تتحكم فى معدل تحلل المادة العضوية المضافة للتربة، وبالتالى تؤثر فى معدل تراكم الدبال بها وهذه العوامل يمكن تلخيصها فيما يلى :-

١- درجة الحرا رة Temperature

يؤدى انخفاض درجة الحرارة إلى الإبطاء من تحلل المادة العضوية مما يعمل على تراكمها، سواء فى أو على سطح التربة ، وباستمرارالظروف الباردة تنخفض كمية الدبال فى التربة لقلة كميات المادة العضوية المنتجة مع ضعف النشاط الميكروبى، ويعمل إرتفاع درجة الحرارة فى الصيف الدافىء على زيادة نمو النباتات، وبالتالى زيادة كميات المادة العضوية المضافة إلى الأرض مع زيادة النشاط الميكروبى مما يؤدى إلى تشجيع تكوين الدبال وتراكمه. أما فى المناخ الحار فإن معدلات تحلل المادة العضوية المضافة وحتى الدبال تفوق معدلات تراكمها وبالتالى يحدث نقص مستمر ، وهذا هو الحال فى أراضينا الصحراوية.

٢-رطوبة التربة Soil moisture

يحتاج كل من نمو النبات وتحلل المادة العضوية إلى رطوبة ملائمة، وتعتبر ظروف الرطوبة القريبة أو الأكثر قليلا من السعة الحقلية Field capacity مناسبة لكل من

العمليتين ، ويعمل الجفاف - وكذلك الظروف الغدقة - على تقليل نمو النبات والتحلل الميكروبى (باستثناء الحشائش المائية وكذلك نباتات الأرز التى تنمو تحت الظروف الغدقة). وعادة تكون الأراضى السيئة الصرف ذات محتوى عالٍ نسبيا من الدبال ، وتتسبب مثل هذه الظروف فى تكوين بعض الأراضى العضوية.

٣- المغذيات Nutrients :

يؤدى نقص المغذيات - خاصة النيتروجين - إلى خفض نمو النبات بمعدل أكبر من خفض معدل التحلل ؛ لأن الكائنات الدقيقة يمكنها أن تستخدم المغذيات المنفردة من البقايا العضوية قبل أن تمتصها جذور النباتات .

٤- رقم حموضة التربة Soil pH :

تنمو معظم الكائنات الدقيقة المعروفة بصورة أفضل عند رقم حموضة من ٦-٨، ولكن هذا النمو يثبط تحت رقم ٥ر٤ وفوق رقم ٥ر٨ ، وتعمل الحموضة الشديدة على تثبيط نمو الميكروب بدرجة أكبر من القلوية الشديدة .

٥- قوام التربة Soil texture :

تميل الأراضى ذات المحتوى العالى من معادن الطين إلى مسك كميات كبيرة من الدبال، وترتبط معظم المركبات العضوية بالأسطح المعدنية ، وخاصة معادن الطين، بروابط كثيرة الأنواع، وأكثر مواقع الارتباط فعالية - سواء على المعادن أو على الدبال - هى روابط =O,-OH,-Al-OH,-Fe-OH وكذلك مواقع التبادل الكاتيونى للمعادن ، وأيضا مجاميع $-NH_3^+$, -SH, -OH, - COOH للمواد العضوية ، وعندما تدمص الجزيئات الزيتية أو الشمعية تصبح التربة نافرة للماء نتيجة لتغليفه لجزء التربة الصلب .

٦-عوامل أخرى :

تعمل المستويات السامة لبعض العناصر - مثل الألومنيوم، والمنجنيز، والبورون، والسلينيوم ، والكلوريد الواصلة للتربة ، كملوثات ، وكذلك الملوحة الزائدة - على تثبيط عملية التحلل.

كما يعتبر نوع البقايا النباتية من العوامل الهامة فى عملية التحلل، حيث تكون بقايا النباتات البقولية سهلة فى التحلل عن بقايا الحشائش أو النباتات النجيلية، وعلى ذلك نرى أن تراكم المادة العضوية فى التربة يتأثر بالعوامل السابق ذكرها إضافة إلى درجة الخلط داخل التربة لأن عملية الخلط الجيد بالتربة تسرع من عملية التحلل وتقلل من التراكم.

سؤال : ماهو اتجاه توزيع المادة العضوية فى القطاع الأرضى حسب توقعك؟

الحل : تبلغ المادة العضوية أعلى نسبة لها فى الطبقة السطحية من القطاع الأرضى ، وهى طبقة انتشار الجذور الكثيفة، ثم يقل المحتوى العضوى بزيادة العمق فى القطاع الأرضى بصورة حادة إلى أقل نسبة لها، و تكون ناتجة أساسا من الكائنات الحية فى التربة.

نسبة المادة العضوية

1 2 3

٣-٧ تدوير المادة العضوية Recycling of organic matter

يجب فى معظم الحالات ، ترك بقايا المحاصيل أو إعادتها للتربة لما لها من فوائد عظيمة كما سبق ذكره ، وتظهر هذه الفوائد فقط إذا كانت البقايا العضوية سهلة التحلل بدرجة معقولة مع إضافتها بصورة منتظمة ، حيث إن البقايا البطيئة التحلل يكون انفراد المغذيات منها بطيئا ، والأهم من ذلك تكون كمية المواد اللاحمة الناتجة عن تحللها قليلة، إضافة إلى تحلل هذه المواد اللاحمة بإستمرار، مما يؤدى إلى فقد معظم البناء الأرضى فى خلال سنة تقريبا. وعليه فلابد من إمداد التربة بالإضافات العضوية الطازجة بصورة منتظمة ومستمرة للمحافظة على إنتاج مثل هذه المواد اللاحمة، وكذلك إنتاج المغذيات النباتية.

وتفقد معظم الأراضى المنتجة للمحاصيل الرئيسية مادتها العضوية بمعدل ١-٢٪ سنويا نتيجة تعرضها لعمليات الحراثة Tillage operations والتى هى عملية إثارة وتفكيك وتقليب الطبقة السطحية من التربة لجعلها فى حالة جيدة من حيث التهوية وقدرتها على الاحتفاظ بالماء وهذه العمليات هى الحرث والعزيق والتزحيف.

ويمكن تعويض الفقد فى المادة العضوية عن طريق زراعتها ببعض المحاصيل الخضرية مثل البرسيم الحجازى وتطبيق دورات محصولية متضمنة البقوليات أو زراعة الحشائش فى المروج الخضراء مما يضيف مادة عضوية بديلة للنسب المفقودة . وقد لا يكون إتباع دورة محصولية تلائم هذا الغرض مفيدا من الناحية الاقتصادية ، ولذا فيمكن اتباع طرق خدمة يقل فيها عدد مرات الحرث Conservation tillage كأن تترك بقايا المحاصيل على سطح التربة، أو زراعة محاصيل شتوية كثيفة مثل القمح والشعير، وأيضا يمكن زراعة محاصيل بدون إجراء عملية حرث وفى وجود بقايا المحاصيل المتروكة على سطح التربة . وبذا نقلل من تكاليف الحرث وكذلك نبقى على كميات كبيرة من المادة العضوية، مع تحسين صفات سطح التربة . وهذه العملية (Conservation tillage) تمكننا أيضا من زراعة أكثر من محصول فى السنة مما يزيد من كمية البقايا النباتية سنويا.

لم يقدر المستوى الأمثل للمادة العضوية الذى يجب الوصول إليه فى كل تربة على حدة ، حيث ينشأ عن الأراضى المختلفة تحت الظروف المناخية والنباتية المتباينة حشد كبير من الظروف البيئية التى تؤدى إلى إختلاف الحد الأمثل للمادة العضوية الذى يلائم كل

حالة على حده.

ويدل المدى الواسع لتركيزات المادة العضوية فى الترب المختلفة على الإختلافات الكبيرة التى تحدث حتى داخل القوام Texture الواحد أو فى منطقة واحدة . وبعض التراكيب المحصولية تتسبب فى حدوث تغيرات كبيرة فى المادة العضوية إذا ماقورنت بتراكيب محصولية أخرى لذات نفس التربة أو نفس المنطقة، كما يؤثر حرث التربة أيضا على مستوى المادة العضوية فيها كما ذكرنا آنفا.

وعموما فإن الأراضى ذات مستويات المادة العضوية التى تقع بين ٣-٨٪ أو أكثر يكون آداء ونمو النبات فيها جيدا . ولكن الوصول إلى هذه الحدود أو المستويات يخضع لإعتبارات كثيرة منها التكلفة النقدية ونوع البقايا العضوية وطريقة الإضافة وخلافه حتى تتحلل إلى صورتها النهائية.

?

مثال محلول :

فى حالة التسميد العضوى الأخضر بزراعة برسيم حجازى تحت نظام رى بالرش فإن ماينتجه الفدان من المادة الخضراء حوالى ٨ طن/فدان .

وبافتراض أن نسبة المادة الجافة ٢٠٪ فإن مايضاف للفدان يعادل ١٫٥ طن/فدان مادة جافة وإذا علمنا أن وزن عمق ١٥سم لفدان يعادل ١٠٠٠طن فإن نسبة المادة العضوية ترتفع فى ال ١٥ سم السطحية بما يعادل نسبة ٠٫١٥٪ وهى نسبة ضئيلة إلا أنها حيوية وهامة، ولكنها لاتمكث فى الأرض طويلا حيث تتحلل بسرعة. ولذا يتطلب ذلك تكرار الإضافة بين كل محصول وآخر .

ويمكن القول بأنه يجب إعادة كل البقايا المحصولية إلى التربة عن طريق قلبها (دفنها) بالتربة بدلا من حرقها لأن ذلك سوف يؤدى إضافة إلى ماسبق ذكره من فوائد إلى إضافة كميات ضئيلة من الأسمدة الكيماوية المرتفعة الثمن مما يحقق الجدوى الاقتصادية لإنتاج أقصى محصول ممكن، ومن هنا تكونت فكرة الزراعة العضوية للحد من استخدام كميات كبيرة من الاسمدة المعدنية وما يترتب عليه من تلوث للبيئة .

٣-٨ الزراعة العضوية فى الأراضى الصحراوية المصرية

Organic Farming Techniques

تتميز الأراضى الصحراوية بإنخفاض نسبة مادتها العضوية إلى الحد الذى يصل إلى درجة الانعدام فى كثير من الأحيان وذلك لندرة مصادرها العضوية والمتمثلة أساسا فى مخلفات النباتات الطبيعية للبيئة الصحراوية والتى تسمى الزيروفيتات Xerophytes هذا من ناحية ، بالإضافة إلى الظروف المناخية القاسية من حيث ارتفاع متوسط درجة الحرارة مما يسبب تحللاً سريعاً جدا لهذه البقايا النباتية والذى يسمى فى كثير من الأحيان عملية حرق للمادة العضوية نظرا لسرعته وشدته ، وعلى ذلك فلابد من العمل على رفع نسبة المادة الخصوبية فى هذه الأراضى عند استغلالها زراعيا ؛ لما لذلك من عظيم الفائدة على تحسين مواصفات التربة الفيزيائية والكيميائية وأيضا الخصوبية ، ولذا يجب إتباع شتى الوسائل التى من شأنها إضافة مادة عضوية إلى التربة الرملية ومنها:-

١- زراعة نباتات حولية خضرية حول جور الأشجار القائمة ، ويمكن أيضا زراعة البرسيم الحجازى ، وذلك لضمان مصدر دائم للمادة العضوية الطازجة.

٢- استغلال النباتات الطبيعية فى رفع المادة العضوية عن طريق حرثها فى التربة.

٣- تدوير المادة العضوية فى التربة ، ويتم ذلك عن طريق ترك جميع البقايا النباتية لمختلف الأشجار والمحاصيل والخضروات ودفنها سطحيا بالتربة أو عمل كومات قبل إضافتها ، وتصنيع الكمبوست فى داخل المزرعة .

٤- استخدام مخلفات الإنتاج الحيوانى بمختلف أنواعه فى تسميد جور الأشجار عضويا لزيادة محتواها من العناصر الغذائية النادرة .

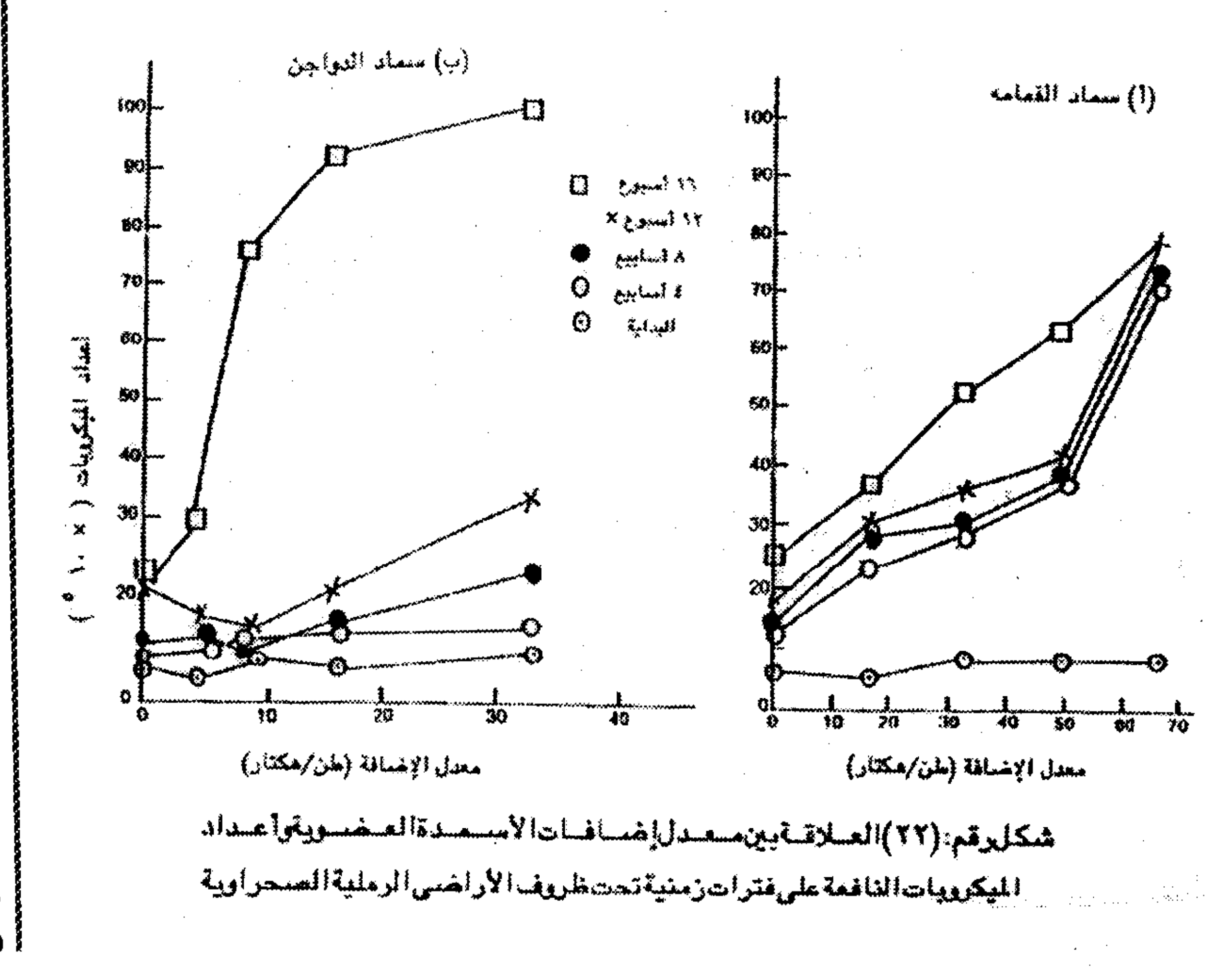
ولقد أكدت نتائج العديد من التجارب والدراسات الحقلية الآثار الإيجابية لإضافات الأسمدة العضوية متمثلة فى سمادى الدواجن والقمامة ، فلقد ازدادت أعداد الميكروبات المفيدة زراعيا فى الأراضى الرملية الصحراوية مع زيادة معدل إضافة سمادى الدواجن Chicken manure والقمامة Municipal refuse ظهر بصورة واضحة بعد الأسبوع السادس عشر من الإضافة .

وقد كان معدل الإضافة الاقتصادى هو ١٦، ٣٣ طن / هكتار من السمادين على التوالى، (شكل ٢٢).

- وقد أكدت نتائج إضافة هذه الأسمدة للتربة الرملية الصحراوية حدوث زيادة ملموسة فى نسبة تجمعات التربة الكبيرة الثابتة (٥-٢ ، ٢-١مم) نتيجة تكوين معقدات التربة (العضوية - المعدنية) وثباتها والذى انعكس على مقاومة التربة الرملية المعاملة بالإضافات العضوية لعمليات الانجراف بالرياح والسيول فى بعض الأحيان وقد أدى ذلك إلى ثبات سطح التربة وبناء القطاع الأرضى المنشود.

- وقد أدى إضافة سماد الدواجن إلى الأراضى الرملية الصحراوية المنزرعة بمحصول القمح تحت نظام الرى بالرش المحورى إلى زيادة امتصاص كل من النيتروچين والفوسفور وانعكس ذلك على زيادة محصول القمح كما ونوعا (محصول الحبوب والقش ومحتوى البروتين فى الحبوب)، وكان أعلى عائد لمحصول الحبوب أقتصادياً عند مستوى إضافة ١٦ طن / هكتار.

- ومن ناحية دراسة معدل تحلل هذه الأسمدة العضوية والأثر المتبقى لإضافتها وجد أن حوالى ١٥٪ ، ٥٠٪ تم تحللها من سمادى القمامة وسماد الدواجن على التوالى وذلك خلال الموسم الأول من زراعة القمح، وهذه النتيجة تأكد مدى الأثر المتبقى من هذه الأسمدة لتلبية بعض الاحتياجات السمادية لمحاصيل المواسم التالية .



شكل رقم: (٢٢) العلاقة بين معدل إضافات الأسمدة العضوية وأعداد الميكروبات النافعة على فترات زمنية تحت ظروف الأراضى الرملية الصحراوية



٣-٩ ملخص الباب الثالث

* المادة العضوية فى الأرض هى كل ماتحتويه التربة من بقايا عضوية ، سواء من أصل نباتى أو حيوانى أو كائنات دقيقة سواء طازجة أو متحللة .

* دبال التربة هو أهم مكونات المادة العضوية وأكثرها فعالية ، حيث يعتبر المركبات المتبقية بعد عمليات التحلل للبقايا العضوية الطازجة ، ومكوناته الرئيسية هى : حمض الفلفيك، حمض الهيوميك والهيومين ، والتى يمكن استخلاصها بالإذابة فى القلويات و الأحماض المخففة.

* يرجع النشاط السطحى العالى للدبال إلى وجود مجموعات فعالة تعتبر مراكز للتفاعلات السطحية المختلفة ، وهذه المجموعات هى الكاربوكسيل ،الهيدروكسيل والأميد ، بالإضافة إلى مجموعات الكيتو والاستر.

* تفاعلات تحلل المادة العضوية فى التربة هى أساسا تفاعلات إنزيمية ، حيث يقوم كل إنزيم بدور متخصص فى خفض طاقة التنشيط لرابطة كيميائية محددة فى مركب معقد، مما يؤدى إلى هدمه وتجزئته إلى مركبات أبسط ، ويكون دور الإنزيم فى هذه التفاعلات بمثابة العامل المساعد.

* العامل الرئيسى الذى يتحكم فى مسار تحلل المادة العضوية هو نسبة C:N ، وأن تحلل المواد العضوية ذات النسبة ٢٠ أو أقل يصاحبه تيسر للنيتروجين فى التربة ، أما تحلل المواد ذات النسب الأكثر من ذلك فيصاحبه إستهلاك للنيتروجين فى التربة ويعتبر منافسا للنبات .

* أهم العوامل البيئية والارضية المؤثرة على تحلل الماده العضويه هى : درجة الحرارة ، نسبه الرطوبة فى التربة ، توافر العناصر الغذائية ، رقم حموضة التربة ، قوام التربة وتواجد مواد سامه أو مثبطة للنشاط الحيوى .

* للماده العضوية فى الارض دور أساسي فى توفير الكثير من العناصر الغذائية

الميسرة، وبالتالى زياده خصوبة التربة ، كما تعمل على تحسين الصفات الفيزيائيه للتربة عن طريق تكوين التجمعات الثابتة ، وكذلك تعمل على تقييد الكثير من الملوثات التى تصل إلى التربة ، إلى جانب تحسين الصفات الكيميائية والبيولوجية لها.

* يحدث استهلاك سريع للمادة العضوية بمعدل ٢٪ سنويا ، وبالتالى فلابد من تعويض الفقد عن طريق تدوير المخلفات العضوية ، مثل بقايا المحاصيل والأسمدة العضوية أو التسميد الاخضر ، وخاصه فى الاراضى خفيفة القوام.

* الأراضى الصحراوية فقيرة جدا فى المادة العضوية ، ولذا فإن استزراعها يستلزم توفير نسبة منها فى التربة عن طريق الإضافة التى يمكن أن تتوافر من كافه المصادر البيئيه المتاحة ، مهما كانت الكمية المضافة منها قليلة ، لما لها من تأثير مباشر على إنتاجية المزروعات.

* الزراعة العضوية هى الأسلوب الامثل فى استزراع الأراضى الصحراوية للحفاظ على البيئة وتحجيم استخدام الكيماويات الزراعية من الأسمدة والمبيدات .

٣-١٠ أسئلة الباب الثالث [?]

١- اشرح لماذا يزيد محتوى المادة العضوية فى الاراضى الطينية عنها فى الإراضي الرملية تحت نفس الظروف المناخية .

٢- ما هى الصفات الكيميائية للدبال الذى تجعله ذا أهمية كبيرة للأرض ؟

٣- تكلم عن دور المادة العضوية فى تحسين الصفات الكيميائية والخصوبية والفيزيائية والحيوية للأرض .

٤- اكتب الرموز الكيميائية للمجموعات الفعالة التالية :-

- Carboxyl (acid) ....
- Hydroxyl ....
- Carboxyl (Keto) ....
- Amide ....

٥- اختر الإجابة الصحيحة :-

أ- مكونات المادة العضوية الذائبة فى محلول مخفف من الصودا الكاوية هى المكونات التالية ما عدا :-

(١)- الهيومين (٢)- حمض الفلفيك (٣)- حمض الهيوميك

ب - يقوم إنزيم الـ protease بتكسير وتحليل :-

(١)- السليلوز (٢)- النشويات (٣) البروتين (٤) اليوريا

جـ- تقدر كمية النيتروجين المنفرد من تحليل ١٪ مادة عضوية فى أرض رملية بحوالى :-

(١) ٦كجم / فدان (٢) ٢٠ كجم /فدان (٣) ١٠ كجم /فدان

د- أسرع البقايا النباتية الآتية تحللا فى التربة هى:-

(١) نشارة الخشب (٢) سيقان الذرة (٣) البرسيم

هـ- السعة التبادلية الكاتيونية لدبال التربة يساوي تقريبا :-

(١) ٤٠ ملليمكافىء/١٠٠جم (٢) ٨٠ ملليمكافىء/١٠٠جم (٣) ٢٠٠ ملليمكافىء /١٠٠جم

و- يحدث انفراد لمركبات النيتروجين عند تحلل مادة عضوية ذات نسبة بين الكربون والنيتروجين أقل من :-

(١) ٢٠ (٢) ٣٠ (٣) ٨٠

القسم الثالث

الباب الرابع : التبادل الأيونى فى الأرض



الباب الرابع
التبادل الأيونى فى الأراضى
Ion - Exchange in Soils

الأهداف :

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :

١- يستنتج أهمية التبادل الأيونى فى الأرض .

٢- يحدد مسببات ومظاهر التبادل الأيونى فى الأرض .

٣- يذكر المكونات الفعالة فى التبادل الكاتيونى في التربة .

٤- يحسب السعة التبادلية الكاتيونية للأرض بمعرفة النسب المئوية لمكوناتها .

٥- يضع تصوراً لتوزيع الأيونات المتبادلة فى الطبقة الكهربائية المزدوجة .

٦- يستنتج أن تفاعلات التبادل الأيونى هى تفاعلات عكسية وسريعة .

٧- يعبر بالمعادلات الكيميائية عن التبادل الأيونى لبعض العناصر والمواد فى الأرض بدون أخطاء .

٨- يحدد العوامل التى تؤثر على التبادل الأيونى فى الأراضى .

٩- يعلل حدوث بعض الظواهر المرتبطة بالتبادل الأيونى فى الأراضى .

١٠- يستنتج العلاقة بين الادمصاص السالب والتلوث الناتج عن الأسمدة النتراتية

١١- يحسب كمية البوتاسيوم المتبادل فى الطبقة السطحية للفدان ومدى الحاجة للتسميد البوتاسى .

١٢- يعرف المصطلحات العلمية الواردة ذات الصلة بظاهرة التبادل الأيونى فى الأراضى بدون أخطاء .

العناصر :

١- التبادل الأيونى ومظاهره .

٢- مسببات التبادل الأيونى فى الأرض .

٣- تغير السعة التبادلية الكاتيونية بتغير رقم الحموضة .

٤- نوعيات الأيونات المتبادلة والسعة التبادلية .

٥- الطبقة الكهربائية المزدوجة .

٦- معادلات التبادل الأيونى .

٧- العوامل التى تؤثر على التبادل الأيونى .

٨- الادمصاص السالب والتبادل الأنيونى .

٩- التبادل بين الأطوار الصلبة .

١٠- تطبيقات التبادل الأيونى فى المجالات الزراعية .

١١- ملخص الباب الرابع .

١٢- أسئلة الباب الرابع .

الباب الرابع
التبادل الأيونى فى الأراضى
Ion - Exchange in Soils

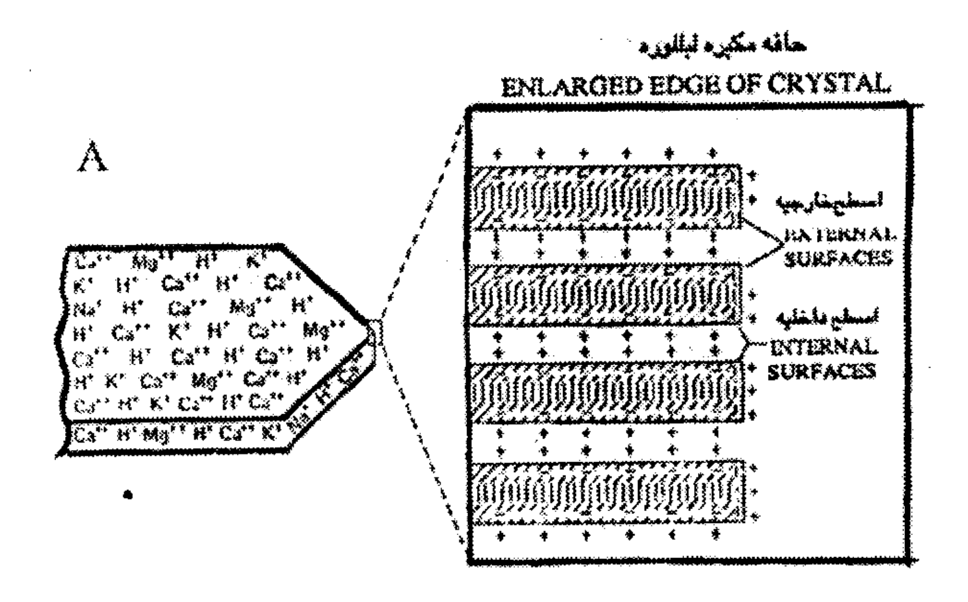
٤-١ التبادل الأيونى ومظاهره :

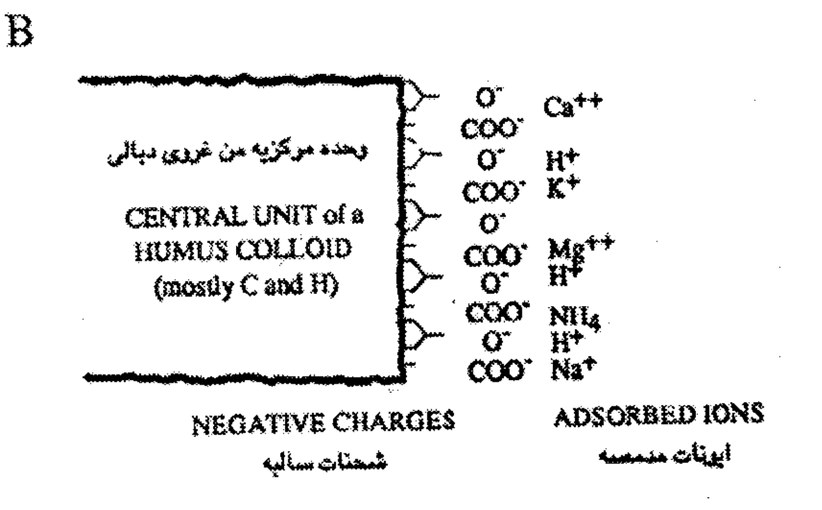
التبادل الأيونى هو أحد الظواهر الرئيسيه لكثير من تفاعلات التربة العكسية reversible reaction التى يتم بواسطتها تبادل الكاتيونات والأنيونات بين كل من الطور الصلب والطور السائل من التربة، فإذا كان التبادل للأيونات الموجبة سمى بالتبادل الكاتيونى Cation exchange واذا حدث التبادل للايونات السالبة سمى بالتبادل الانيونى Anion exchange ، ويتم اثناء التبادل عمليتان هما :-

أ- ادمصاص الايونات Ion Adsorption وفيه يتم مسك الأيونات على أسطح معقد التبادل المحملة بشحنات مخالفة لشحنة هذه الأيونات .

ب- انطلاق الأيونات Ion Adsorption وهى عملية خروج الأيونات المسوكة على مواقع التبادل إلى المحلول الأرضى ، نتيجة الإحلال بأيونات أخرى . وهى عكس العملية الأولى.

ومن المعروف أن التربة غير متجانسة وتتكون من عدة أطوار أساسيه هى الطور الصلب والطور السائل والطور الغازى ، وتختلف نسب هذه الأطوار من تربه إلى أخرى. ونجد لن الطور الصلب يحتوى على معادن أولية ومعادن طين وأكاسيد متأدرته جنبا إلى جنب مع المواد العضوية والكائنات الأرضيـة الحية مكونا بذلك ، أيضا ، خليطاً من الحبيبات المنفردة أو المتجمعة. وفى هذا النظام غير المتجانس يلعب المحلول الأرضى دورا رئيسيا كوسط لحدوث التفاعلات الكيميائية بين المكونات المختلفة للطور الصلب، وكذلك بين الأطوار بعضها البعض ، ويسرع من حدوث هذه التفاعلات لأن معظمها من النوع الخاص بالتبادل الأيونى والذى يحدث بسرعة كبيرة (انظر الشكل رقم ٢٢ A,B).





شكل (٢٣) يوضع غروى التربة المعدنى (A) والعضوى (B) وما يحمله من شحنة سالبة وتعادلها عن طريق ادمصاص الايونات الموجبة

وتحتوى سطوح غرويات التربة على مواقع عديدة حاملة لشحنات سالبة غير متعادلة ناتجة عن عمليات الإحلال المتماثل ، وعليه فالأيونات موجبة الشحنة تدمص على مواقع هذه الشحنات السالبة بواسطة قوى كولومب Coulombic Forces للتجاذب الأليكتروستاتيكى ، وهذه الكاتيونات المدمصة تقاوم عملية انتزاعها من على سطوح غرويات التربة بواسطة الغسيل بالمياه. ولكن يمكن أن تستبدل عن طريق إحلالها بكاتيونات أخرى فى محلول التربة حسب قانون فعل الكتلة.

تعريفات:

* أيونات مدمصة Adsorbed ions: هى الأيونات المسوكة على معقد تبادل يحمل شحنات مخالفة لها.

* انطلاق أو تحرر الأيونات Desorption of ions: هى عملية خروج الأيونات من على معقد التبادل وانطلاقها إلى المحلول الأرضى ، وذلك عن طريق الإحلال بأيونات أخرى.

* قوى كولومب Coulombic Forces: هى قوى الجذب الإليكتروستاتيكى بين الأيونات الموجبة والأسطح المحملة بالشحنات السالبة.

* الغروى Colloid: هى حبيبات دقيقة مشحونة الأسطح أقطارها أقل من ١٠٠٠٠ مم وتنتشر فى وسط الانتشار الذى عادة ما يكون الماء ، ويكون النظام الغروى ثابتاً عندما تغيب المواد المجمعة مثل الأيونات عديدة التكافؤ.

وتعتبر عملية التبادل الكاتيونى من أهم التفاعلات فى مجال خصوبه التربة، وتصحيح حموضة وقلوية التربة، وفى تغيير خواص التربة الفيزيائية وكذلك فى ميكانيكيات تنقية وتغيير المياه الراشحة، كما تعتبر الصورة المتبادلة للمغذيات النباتية للكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيم من أهم المصادر لتأمين احتياجات النبات من هذه العناصر، ويلاحظ أن هناك حالة من الاتزان بين صورة العنصر الذائبة فى محلول التربة والأخرى المتبادلة على معقد التبادل، فأى تغيير فى تركيز الصورة الذائبة لابد أن يتبعه تغير فى الصورة المتبادلة لذات العنصر مما يؤدى إلى حدوث تغير فى نسب تواجد الأيونات المتبادلة بالنسبة لبعضها البعض.

والشكل (A,B ٢٤) يوضح توزيع الشحنات على غروى التربة وكذلك فى محلولها.

٤-٢ مسببات التبادل الأيونى فى الأرض:

من الدراسات العديدة التى أجريت على الأرض ، أصبح من المعروف أن خاصية التبادل الأيونى ترجع أساسا إلى مجموعتى الطين والسلت (أقل من ٢٠ ميكرون) وكذلك إلى المادة العضوية التى تساهم بدور كبير فى التبادل الأيونى للأرض، بالإضافة إلى المواد الغروية غير العضويه الأخرى. وتظهر حبيبات التربة الخاصيه الامفوتيرية بحيث تستطيع أن ترتبط بالكاتيونات والأنيونات؛ وذلك لاحتوائها على مواقع موجبة الشحنة وأخرى سالبة الشحنة وإن كانت الشحنة النهائية لهذه الحبيبات سالبة، ويمكن التعرف على ذلك بواسطة معرفة اتجاه الهجرة فى مجال كهربى (Electrophoresis) وتظهر هذه الشحنة السالبة نتيجة سببين أساسيين:-

١) حدوث الإحلال المتماثل فى البناء الذرى للمعادن (كما سبق إيضاحه فى الباب الثانى)

٢) حدوث تأين لمجموعات الأيدروكسيل المرتبط بالسليكون فى وحدات السليكا الرباعية المعرضة للسطح بنفس الطريقة التى تحدث فى حامض السيلسيك.

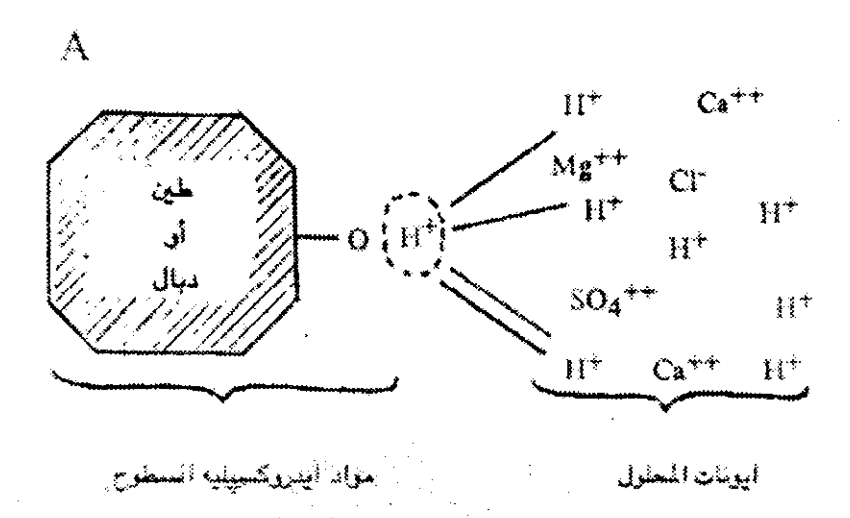
$$Si - O - H + OH \longrightarrow Si - O + H_2O$$

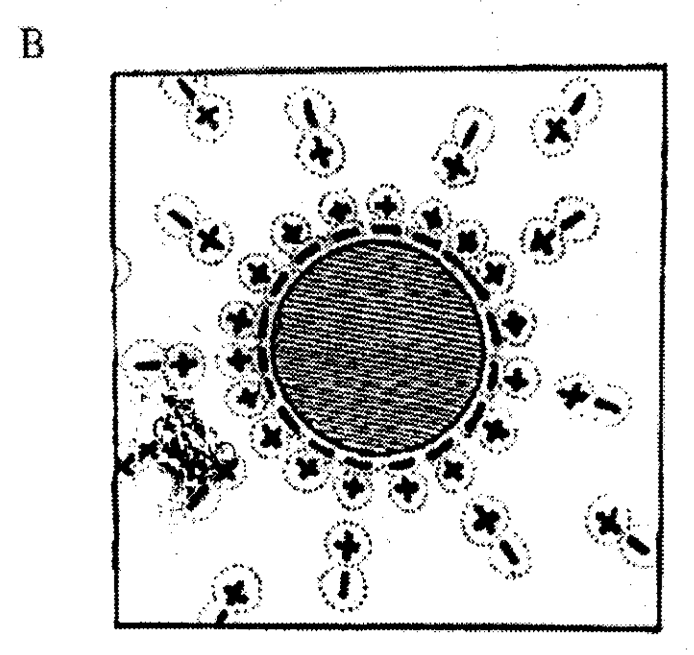
والشحنة السالبة الناتجة من الإحلال تكون منتظمة التوزيع على أسطح الحبيبات، بينما تتركز الشحنات السالبة الناشئة عن مجموعات الأيدروكسيل على الأحرف وأركان الحبيبات الطبقية، وتنشأ الشحنات السالبة أيضا من حامض الهيوميك (من مجموعات -OH,-COOH) وكذلك من حامض الفوسفوريك والسيلسيك المدمصة على أسطح حبيبات الطين. وتختلف كمية الشحنات السالبة فى التربة وكذلك طريقة نشأتها على حسب:

١) التركيب المعدنى (٢) التوزيع الحجمى للحبيبات (٣) حالة الماده العضوية ودرجة تحللها.

وكما أشرنا من قبل ، فإن حبيبات الطين تحمل أيضا مواقع لها شحنة موجبة وهذا ناشئ من أكاسيد الحديد والألومنيوم والمنجنيز المتأدرتة وكذلك من الأيونات الأوكتاهيدرالية المعرضة والتى ترتبط بالبروتون من الوسط المحيط وتنتج عنها شحنة موجبة .

ولقد أمكن اكتشاف وجود الشحنات السالبة والموجبة على أسطح الطين وذلك بواسطة ادمصاص غروى الذهب السالب على الأحرف الخارجية لحبيبات معدن طين الكاؤلينيت عند فحصها بالميكروسكوب الإليكترونى .





شكل رقم (٢٤): يوضح توزيع ونوع الشحنه على غروى التربة وفى محلول التربة

٤-٣ تغير السعة التبادلية الكاتيونية بتغير رقم الحموضة

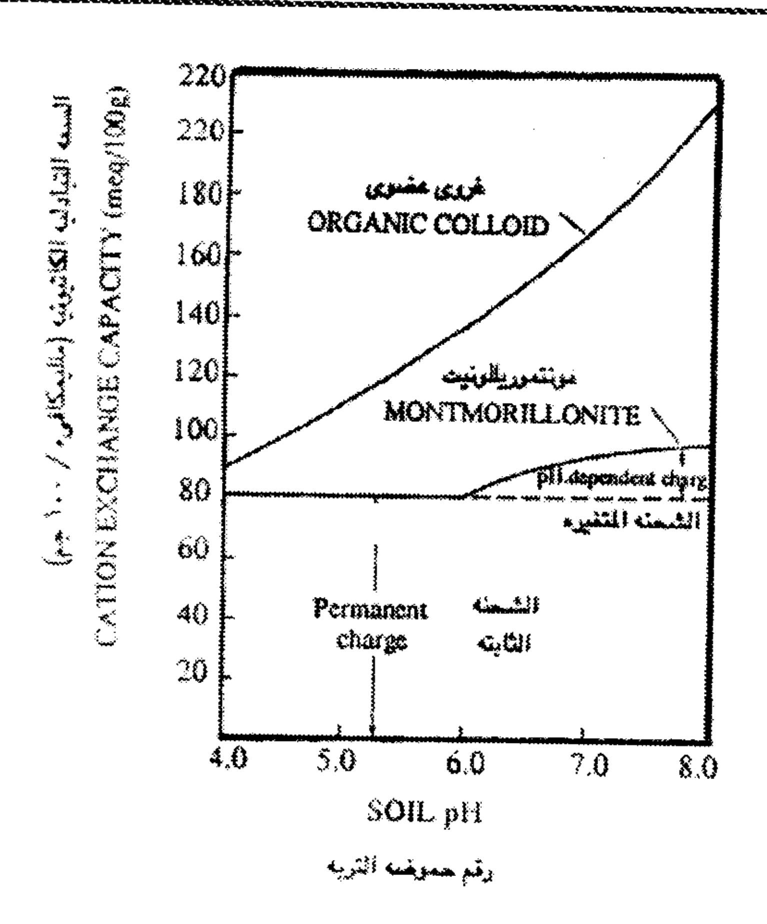
pH - Dependent CEC

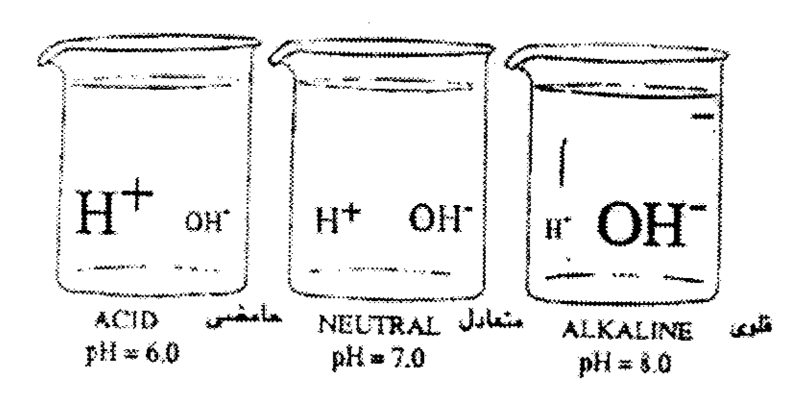
تتغير السعة التبادلية الكاتيونية للتربه بتغير رقم حموضة الوسط خاصة للمعادن التى لا تنشأ الشحنات السالبة بها من الإحلال التماثلى بكمية محسوسة مثلما فى معادن مجموعة الكاؤولينيت والأكاسيد السداسية والتى تنشأ معظم شحناتها من الروابط غير المشبعة على الأحرف المكسرة Broken edges - وعلى ذلك فإن تغير رقم الحموضة يؤثر بدرجة كبيرة على السعة التبادلية الأيونية للأراضى التى يسود بها معادن الكاؤولنييت والأكاسيد السداسية ،بينما يكون التغير محدوداً فى الأراضى التى يسود بها معدن المونتموريللونيت ، حيث إن حوالى ٩٠٪ من مصدر شحناته السالبة يرجع إلى الإحلال المتماثل فى شبكه البللورية وهذا الجزء يسمى بالشحنة الدائمة Permanent charge والتى تتواجد أيضا فى معادن الفرميكيوليت والأيلليت حيث لا تتعدى الشحنة المتغيرة بها pH- dependent charge عن ١٠٪ من مجموع الشحنات على اسطح حبيباتها.

والشكل رقم (٢٥) يوضح أن معظم الشحنات الموجودة فى معادن المونتموريللونيت والفرميكيوليت والايلليت هى شحنة دائمة نشأت من الإحلال المتماثل ، أما الشحنة المتوقفة على رقم حموضة البيئة فتمثل الجزء الأكبر من السعة التبادلية الكاتيونية للكاوؤلينيت والأكاسيد السداسية والدبال .

ونقص محصلة الشحنة السالبة عند pH أقل من ٦ ليس راجعاً إلى نقص مقدار الشحنات السالبة نفسها ولكن يرجع إلى زياده الشحنات الموجبة حتى إنه عند رقم حموضة معين تتواجد شحنات موجبة مساوية فى مقدارها للشحنات السالب وتصبح حبيبة الطين فى مجملها متعادلة كهربائيا ، ويطلق على رقم الحموضة الذى يحدث عنده ذلك نقطة التعادل الكهربى Isoelectric Point. ويمكن توضيح ذلك فى المخطط التالى:-

شحنة موجبة ⇌ سطح متعادل ⇌ شحنة سالبة





شكل رقم (٢٥) أثر حموضة بيئة التربة على قيم مراكز الشحنات السالبة فيها

تعريفات :

* شحنات الأحرف المكسرة Broken Edges charges : هى مواقع الشحنات سواء أكانت السالبة أو الموجبة الناتجة عن الروابط غير المشبعة والمعرضة على الأسطح أو الأحرف النهائية للتركيب الشبكى أو نتيجة لوجود تشوهات أو عيوب بللورية.

الشحنة الدائمة Permanent charge تعبر عن الشحنات السالبة التى تنتج عن الإحلال المتماثل للأيونات داخل الشبكة البللورية.

نقطة التعادل الكهربى Isoelectric Point هى درجة حموضة الوسط pH التى عندها تتعادل الشحنات السالبة مع الشحنات الموجبة لحبيبات التربة.

وتختلف مكونات التربة فى نقطه التعادل الكهربى لها على حسب التركيب المعدنى لها كما يتضح من القيم التالية:-

المعـــدن	نقطة التعادل الكهربى
كاؤلينيت	٦,٥
هيدروكسيد الومنيوم	٨,١
هيدروكسيد حديديك	٧,١
جيوثايت	٧,٠
أوكسيد الومنيوم	٨,٦

٤- ٤ نوعيات الأيونات المتبادلة والسعة التبادلية :

تتعادل الشحنات المتواجدة على حبيبات التربة بواسطة كمية مكافئة من الأيونات المضادة فى الشحنة والتى يطلق عليها أيونات متبادله ، وهى ترتبط بالسطح أساسا عن طريق قوى كولومب الكهربائية بالاضافة إلى قوى فان دير فال التى تزيد أيضا من التجاذب الكهربى بين هذه الأيونات والشحنات السطحية.

والأيونات الشائعة التبادل فى الأراضى هى $NH_4^+, Na^+, K^+, H^+, Ca^{2+},$ Mg^{2+} ويختلف الأيون السائد فى عملية التبادل من أرض إلى أخرى على حسب الظروف المحيطة ، ففى الأراضى الحامضية تتكون الأيونات المحيطه أساسا من $Al(OH)_2^+$، وتزداد كمياتها بزيادة انخفاض ال pH ، بينما فى الأراضى القاعدية (القلوية) تسود أيونات الصوديوم المتبادلة.

وتختلف مقدرة التربة على تبادل الكاتيونات والأنيونات ويتوقف ذلك على محتواها من الطين والمادة العضوية والتركيب المعدنى لها.

وتعرف السعة التبادلية الكاتيونية CEC بأنها كمية الكاتيونات المتبادلة مقدرة بالمليمكافئات. لكل ١٠٠ جرام من التربة أو الطين عند درجة pH = ٧ أو أى درجة pH مناسبه ويتوقف ذلك على الظروف السائدة والطريقة المستخدمة فى التقدير ، وتتراوح قيم ال CEC للأراضى المعدنية بين عدة ملليمكافئات الى ٥٠ أو ٦٠ ملليمكافىء/١٠٠جم وفى الأراضى العضوية تصل إلى ٢٠٠ ملليمكافىء/١٠٠جم.

والأراضى الغنية فى الدبال والمونتموريللونيت يصبح لها قيم مرتفعة للسعة التبادلية الكاتيونية. وعليه فمن السهل التوقع بأن بعض الأراضى الرملية أو بعض أراضى المناطق الاستوائية ذات النسب العالية من الأكاسيد السداسية فى حبيبات مجموعة الطين تصبح ذات خواص خصوبية ضعيفة نظرا لقيم سعاتها التبادلية والتى لا تتعدى ملليمكافئات قليلة. وعلى العكس فإن طين المناطق الباردة الغنى فى الدبال ذى السعة التبادلية الكاتيونية من ٤٠ - ٦٠ ملليمكافىء/١٠٠ جرام يستطيع إمتساك كمية كبيرة من كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم.

وبعض الأراضى لها سعة تبادلية كاتيونية تتراوح من ١٥-٢٥ ملليمكافىء/١٠٠جم حيث نجد أنه فى الأراضى المتعادلة يحتل الكالسيوم ٦٠٪ من مراكز التبادل المتاحه (٩-١٥ ملليمكافىء كالسيوم). ويصبح للطبقات العميقة من الأرض نفس الكميات من الكالسيوم المتبادل.كما هو الحال فى أراضى المناطق الجافة (رقم الحموضة أكبر من ٧) حيث تحتوى فى عمق ٩٠ سم السطحية على كمية من الكاتيونات المتبادلة تصل إلى ١٠٠٠٠ كجم من الكالسيوم/ فدان، ١٢٠٠ كجم من البوتاسيم/ فدان.

وأغلب السعة التبادلية الكاتيونية للتربة تتواجد على سطوح كل من الطين ودبال التربة

جدول رقم (١٢) :السعة التبادلية الكاتيونية لغرويات التربة السائدة فى أغلب الأراضى والمسئولة عن سعاتها التبادلية الكاتيونية

غـروى التربة	السعة التبادلية الكاتيونية (ملليمكافئ / ١٠٠ جم تربة)	
	طمبية رملية	المتـــوسط
الـــــدبـــــال	١٠٠ – ٣٠٠	٢٠٠
الفـيـرومـيكيـوليت	٨٠ – ١٥٠	١٢٠
المونتــمــوريللونيت	٦٠ – ١٠٠	٨٠
الميكا الهـيـدراتيـة	٢٥ – ٤٠	٣٠
الـكـاؤلـيـنـيـت	٣ – ١٥	٨
الاكاسيد السداسية	صفر – ٣	٢

[?]

مثال :

من الجدول السابق وبأخذ متوسطات القيم نجد أن ١٪ دبال يساهم بمقدار ٢ ملليمكافئ ، ١٪ منتموريللونيت يساهم بواحد ملليمكافئ ، ١٪ كاؤولينيت يساهم بمقدار ٠.٠٨ ملليمكافئ، أكاسيد سداسية تساهم بمقدار ٠.٠٢ ملليمكافئ.

تمرين :– من البيانات التاليه يراد تأكيد نتائج السعة التبادليه الكاتيونيه المقدره

الأراضى	معدن الطين السائد	نسبة الطين ٪	نسبة الدبال ٪	CEC المقدرة (ملليمكافئ / ١٠٠جم تربة)
رملية (انتسول)	المنتموريللونيت	٢,٦	,٥	٥,٢
فرتيسول	المنتموريللونيت	٣٦,-	١,٧	٢٨,٦
أوكيسول	الكاؤلينيت والأكاسيد السداسيه	٧٣,١	٤,٧	٢٦,٥

وسنقوم بإجراء اختبار تأكيد للأرض الأولى (الرملية الحديثة)

مساهمة الدبال = ٥ر. x ٢ ملليمكافىء = ١ ملليمكافىء

مساهمة الطين (بفرض أن جميعه مكون من معدن المنتموريللونيت)

= ٦ر٢ x١ ملليمكافىء = ٦ر٢ ملليمكافىء

مجموع المساهمة = ١ + ٦ر٢ = ٦ر٣ ملليمكافىء/١٠٠ جم تربة

٤-٥ الطبقة الكهربائية المزدوجة Electric double layer

تتميز محاليل الأملاح الألكتروليتيه بتواجد الأيونات في صورة حرة وفى حالة حركة دائمة. وعندما تتواجد حبيبات مشحونة بشحنة سالبة فى هذه المحاليل فإن هذه الأيونات تتقيد بدرجات مختلفة حسب شدة المجال الألكتروستاتيكى لهذه الشحنات ، وعلى ذلك يتزايد تركيز الكاتيونات بالقرب من السطح المشحون ويقل بالبعد عنه. بينما العكس صحيح بالنسبة للأيونات السالبة (الأنيونات). وينشأ نتيجه ذلك التوزيع ما يسمى بالطبقه الكهربائية المزدوجة Electric double layer يكون تركيبها الأيونى مختلفا عما يحيط بها من محلول . ويتوقف تركيب هذه الطبقة على ما يلى:-

١- كثافة الشحنات على سطح الحبيبة . ٢- نوع الأيونات المتبادلة .

٣- درجة الحرارة . ٤- تركيز الأملاح فى المحلول المحيط .

ونجد أن الأيونات عموما تكون متأدرتة ومحاطة بغلاف من الماء ممسوك بقوة كبيرة ويسمى ذلك الماء بالمحلول الداخلى Inner Solution ، بينما الماء فى المحلول الحر للأملاح خارج تأثير الطبقة الكهربائية المزدوجة يسمى بالمحلول الخارجى Outer Solution .

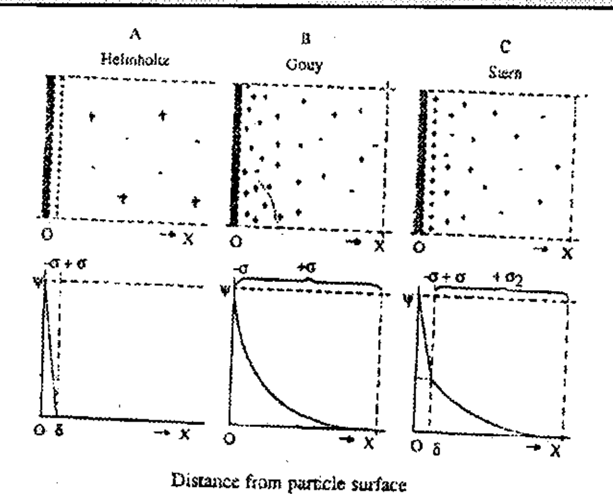
ولقد أجريت محاولات عديدة لدراسة تركيب الطبقة الكهربائية المزدوجة وكان أولها التى قام بها هيلمهولتز Helmholtz عام ١٨٧٩ حيث شبهها بالمكثف الكهربى المكون من طبقتين : الداخلية من الشحنات السالبة للحبيبة والخارجية هى الشحنات المتبادلة الموجبة (شكل A٢٦) ، ثم قام كل من تشابمان وجوى Chapman & Gouy عام ١٩١٥ باقتراح أن الكاتيونات تتركز فقط على السطح ويقل تركيزها تدريجيا بعد ذلك بالبعد عن سطح الحبتةبه (شكل B٢٦) ، ثم تقدم شتيرن Stern بالتوزيع الذى يجمع بين التوزيعين السابقين، حيث تتكون طبقة من الكاتيونات المرتبطة بالسطح المشحون ينخفض

تركيزها بشدة خلال هذه الطبقة الرقيقة ثم يتدرج التركيز بعد ذلك بالبعد عن سطح الحبيبة (شكل ٢٦ C).

وتجدر الإشارة إلى أنه بزيادة كل من تركيز وتكافؤ الألكتروليت يقل سمك الطبقة الكهربائية المزدوجة، ولقد وجد أن توزيع تشابمان وجوى للأيونات داخل الطبقه المزدوجة يعتبر صحيحا فقط فى الغرويات ذات الشحنة السطحية المنخفضة، وفى وجود تركيزات منخفضة من الألكتروليتات فى المحلول الأرضى.

تعريفات

* الطبقة الكهربائية المزدوجة Electric Double Layer: طبقة الأيونات التى تترتب حول حبيبات التربة السالبة الشحنة بحيث يزداد تركيز الكاتيونات بالقرب من السطح ويقل بالبعد عنه والعكس صحيح للأنيونات ، مما يتكون معه طبقتان من الأيونات المختلفة الشحنة.
* المحلول الداخلى Inner Solution : غلاف من جزيئات الماء ممسوك بقوة حول الأيون المتأدرت فى داخل الطبقة الكهربائية المزدوجة.
* المحلول الخارجى Outer Solution: الماء فى المحلول الحر للأملاح الذائبة خارج تأثير الطبقه الكهربائية المزدوجة.



شكل رقم (٢٦) :مخططات توزيع الأيونات داخل الطبقة الكهربائية المزدوجة المحيطة بحبيبة سالبة الشحن

٤-٦ معادلات التبادل الأيونى :

تؤدى الحركة الحرارية للأيونات إلى استمرار عملية تبادل هذه الأيونات بين الجسم الصلب والمحلول الداخلى والخارجى بحيث إنه عند الاتزان فإن عدد الأيونات الداخلة إلى الطبقة المزدوجة والخارجة بينهما يتساويان ، وفى الحقيقة فإن تعبير التبادل الأيونى يطلق على تغير حالة الاتزان هذه عند إضافة أى كمية من الأيونات المختلفة إلى المحلول الخارجى أى عند تغير تركيزه.

ولقد استخدمت قوانين فعل الكتلة بتوسع كبير للحصول على معادلات تعبر عن التبادل الايونى الا أن الاعتراض على استخدامها هو أن التبادل الأيونى لا يعتبر تفاعلا كيميائيا حقيقيا ينتج عنه نواتج تفاعل جديدة ، ولكنه عبارة عن إعادة توزيع الأيونات بين المحلول والحبيبة الصلبة، ولكنه فى ضوء المعلومات المتوافرة حاليا عن الطبقة المزدوجة فإننا يمكننا استخدام درجة نشاط الأيونات بدلا من التركيز فى قوانين فعل الكتلة، فيمكن التعبير عن تبادل الأيونات المتساوية فى التكافؤ بالمعادلة الاتية :-

$$RK + Na^+ \longrightarrow RN_a + \quad K^+$$

ويمكن كتابة معادلة الاتزان تبعا لقانون فعل الكتلة كالتالى :

$$\frac{[Na^+]_i\ (K^+)\ o}{[K^+]_i\ (Na^+)\ _o} = K_{k,\ Na}$$

وبالنسبة لتبادل الأيونات الأحادية والثنائية التكافؤ

$$RCa + 2K^+ \longrightarrow 2RK + Ca^{2+}$$

تكون معادلة الاتزان تبعا لقانون فعل الكتلة كما يلى :

$$\frac{[K^+]^2 i\ \ (Ca^{2+})\ o}{[Ca^{2+}]_i\ (K^+)^2{}_o} = K_{Ca,k}$$

وتدل الأقواس [ ] على التركيز بينما الأقواس ( ) فتدل على النشاط ، الرمز (i) يدل على الجزء المتبادل فى المحلول الداخلى ، أما الرمز o فيدل على تركيز الأيون فى المحلول الخارجى ، K ثابت الاتزان .

وفى سنة ١٩١٣ استعان Gouy بقوانين فعل الكتلة وكذلك Kerr (١٩٢٨)، Gapon (١٩٣٣) ، Jenny (١٩٣٦)، كما أن اتزان دونان المعروف يعتمد أيضا على قوانين فعل الكتلة بدرجة كبيرة جدا.والتى تعتمد أساساً على استخدام درجة نشاط

الأيونات المتبادلة والتى وجد أنها تزداد مع انخفاض عدد جزيئات ماء التأدرت للأيون كما يظهر فى الجدول رقم (١٣)١١٩

جدول رقم (١٣) : الأقطار الفعلية للأيونات المتأدرته الشائعة فى الأراضى

الخاصية / الأيون	Li^+	Na^+	K^+	$NH4^+$	Mg^{++}	Ca^{++}	H^+
نصف قطر الأيون غير المتأدرت (انجستروم)	٠,٧٨	٠,٩٨	١,٣٣	١,٤٣	٠,٧٨	١,٠٦	–
نصف قطر الأيون المتأدرت (انجستروم)	٧,٣	٥,٦	٣,٨	٤,١	١٠,٨	٩,٦	٠,٦٧
عدد جزيئات ماء التأدرت للأيون الواحد	١٢	٨	٤	٤	١٣	١٠	١

ويلاحظ من هذا الجدول ، أن الأيونات ذات الأقطار الصغيرة تجذب إليها عدداً أكبر من جزيئات الماء وبالتالى لها غلاف تأدرت أكبر بالمقارنة مع الأيونات ذات الأقطار الكبيرة وذلك فى حالة تساوى التكافؤ. وجد أن الغلاف المائى الكبير يضعف قدرة الأيون على الإحلال محل الكاتيونات المتبادلة الأخرى على سطح حبيبة التربة، ويشغل أيون الهيدروجين وضعاً خاصاً ، حيث إنه لا يتواجد بشكل حرفى المحلول الأرضى ولكنه يتحد بجزىء ماء مكوناً أيون هيدرونيوم H_3O^+ حجمه صغير ولذا فإن له قدرة عالية على التبادل.

ولقد أظهرت الدراسات أن معامل نشاط الأيونات الأحادية أقل بكثير منها للأيونات الثنائية التكافؤ فى محاليلها ، وعلى ذلك أمكن ترتيب الأيونات على حسب قيمة معامل نشاطها كالتالى:-

$$Li < Na < k < Mg < Ca < H$$

وطبقاً لتوزيع الأيونات فى الطبقة الكهربية المزدوجة ، نجد أن درجه نشاط الأيون الحر فى المحلول الأرضى تكون أعلى منها للأيون المرتبط بسطح الحبيبة والذى يكون له أقل درجة نشاط نتيجة طاقة الربط المقيدة له، وتختلف الأيونات فى قيمة طاقة الربط مع سطح الحبيبه، والأيونات ذات طاقة الربط العالية هى التى لها قدرة عالية على الإحلال محل الأيونات الأخرى على مواقع التبادل الأيونى.

٤-٧ العوامل التى تؤثر على التبادل الأيونى :

١- درجة الحرارة :

يكون معدل التبادل الأيونى بطيئا فى درجات الحرارة المنخفضة وذلك لانخفاض معامل النشاط للأيونات المتبادلة ، ثم بارتفاع درجة الحرارة يحدث إسراع لمعدل التبادل الأيونى، وتقل كمية الزيادة فى معدل التبادل عند درجات الحرارة العالية، ولقد وجد أن الحرارة المرتفعة قد تؤدى إلى حدوث تثبيت لبعض الأيونات بدرجات مختلفة، كما قد تؤثر على السعة التبادلية للمواد العضوية فى التربة ، بالإضافه إلى إذابتها لبعض المكونات التى لم تكن ذائبة فى درجات الحرارة العادية .

٢- أثر التخفيف :

أظهرت كثير من التجارب أن تخفيف معلق التربة الذى يحتوى على أيونات أحادية وثنائية يزيد من ادمصاص الأيونات الثنائية، وبالتالى تزداد النسبة بين الأيونات الثنائية والأحادية على معقد التبادل ، وعلى العكس من ذلك فإنه بزيادة التركيز يزداد ادمصاص وتبادل الأيونات الأحاديه وتقل نسبة الأيونات الثنائية والأحادية على معقد التبادل.

وكذلك يتوقف التبادل الأيونى على نسبة الأملاح فى التربة ، وهذا أيضا يؤثر على توزيع الأيونات المتبادلة تحت تأثير التكافؤ والتخفيف ، وعموما فإن مواد التبادل ذات السعة التبادلية العالية مثل المونتموريللونيت والدبال تمتص أيونات كالسيوم ومغنسيوم أكثر وبوتاسيوم وصوديوم أقل منه فى الكاؤولينيت ، بينما تسلك معادن الأيلليت سلوكا وسطيا.

وتؤثر العوامل السابقة أيضا على سلوك العناصر الغذائية فى التربة ومدى تيسرها للنبات ، حيث إنه عند إضافة الماء للأرض يحدث تخفيف للمحلول الارضى، وهذا يؤدى إلى زيادة ادمصاص الأيونات الثنائية ، ويحدث العكس بتجفيف التربة حيث نجد أن النسب التالية :

$$\frac{(K + Na)_o}{(Ca + Mg)_o} \quad \text{وكذلك} \quad \frac{(Ca + Mg)_i}{(K + Na)_i}$$

تزداد مع التخفيف وتقل مع التجفيف، وهذا بدون شك يؤثر على استخلاص الأملاح من التربة حيث تختلف كمية الأملاح المستخلصة على حسب نسب الماء المضافة إلى التربة ومدة الاتزان.

٣- قوى الإحلال النسبى للأيونات :

أكدت كثير من التجارب أنه لا يوجد متسلسلة واحدة لترتيب جميع الأيونات من حيث قدرتها على الإحلال محل بعضها. ولكن توضع متسلسلة لكل نوع من التكافؤ.

فبالنسبة للأيونات الأحادية يكون ترتيب قوى الإحلال كالتالى :-

$$Li < Na < K < Rb < Cs$$

وبالنسبة للأيونات الثنائية تكون المتسلسلة كالتالى:

$$Mg < Ca < Sr < Ba$$

ومن الدراسات السابقة يتضح أن أهم العوامل المؤثرة على درجة الإحلال النسبى للأيونات هى :-

١- نوع مادة التبادل.

٢- السعة التبادلية لمادة التبادل.

٣- نوع الايونات المتبادلة من حيث حجمها وتكافئها ودرجة ارتباطها واستقطابها على مادة التبادل ، حيث إن قوى الارتباط تزداد بزيادة التكافؤ كما أن الأيونات ذات التأدرت المنخفضة تمسك بقوة أكبر. ولقد أوضحت كثير من الدراسات أن بعض الأيونات عديدة التكافؤ قد تتبادل بنفس تكافئها أو على صورة أيونات أحادية كنتيجة لارتباطها مع الأنيونات المتواجدة معها مثل $(Cu\,Cl)^+$, $(Cu\,OH)^+$, $Al\,(OH)_2^+$, $Fe\,(OH)_2^+$, $(ZnOH)^+$.

وعموما فإن هذه الأيونات تدمص أو تتبادل على صورتها العديدة التكافؤ فى الوسط الحامضى الخفيف.

٤- نوعية وتركيز الأيونات المتبادلة.

٥- تركيز المحلول : فكلما انخفض تركيز الأيون كلما ازدادت قوة إحلاله ، وتزداد قوة رحلال الأيونات عديدة التكافؤ عن الأحادية التكافؤ فى التركيزات المنخفضة ، بينما

يحدث العكس بزيادة التركيز. ويزداد هذا الفرق بزيادة السعة التبادلية لمادة التبادل.

٤-٨ الادمصاص السالب والتبادل الأنيونى :

وجد أنه إذا اضيف محلول مخفف من كلوريد البوتاسيم KCl إلى معدن المونتموريللونيت ، فإنه عند الاتزان يزداد تركيز أيون الكلوريد فى المحلول عن التركيز الابتدائى، ولقد سميت هذه الظاهرة بالادمصاص السالب Negative adsorption ، وفسرت على أساس حدوث تنافر بين شحنة الأنيون والشحنة السالبة على سطوح حبيبات المعدن بحيث يؤدى إلى زياده تركيز الانيونات بالبعد عن سطح الحبيبة كما سبق شرحه فى الطبقه الكهربية المزدوجة وتختلف الانيونات فى شدة الادمصاص السالب لها حسب الترتيب التالى :-

$$Cl^{-} = NO_3^{-} < SO_4^{=} < Fe\,(CN)_6^{4-}$$

ويتسبب الادمصاص السالب فى عدم قدرة الأرض على الاحتفاظ بالأنيونات وسهولة غسلها وفقدها مع مياه الصرف ، وقد يكون هذا مرغوباً فيه بالنسبه لأنيون الكلوريد مثلا والذى يفضل عدم تراكمه فى الأرض ، إلا أنه غير مرغوب فيه بالنسبة لأنيون النيترات NO_3^{-} الهام من الناحية الغذائية للنبات حيث إن كمية كبيرة من النترات المضافة على هيئه أسمده تفقد مع مياه الصرف.

[?]

مثال محلول : -

سؤال - علل : حدوث تلوث للمياه الجوفية بالنترات نتيجة الإسراف فى التسميد الآزوتى .

الإجابة - أنيون النترات هو أيون سالب ، يسهل غسيله من التربة وذلك نتيجة حدوث الادمصاص السالب له وزيادة تركيزه فى المحلول الأرضى خارج الطبقة الكهربائية المزدوجة ، وبالتالى يتحرك إلى أسفل مع مياه الصرف الزائدة ليتجمع فى الماء الأرضى .

ومن ناحية أخرى ، قد يحدث زيادة طفيفة فى تركيز الأنيونات بالقرب من سطح الحبيبة الذى تتواجد عليه بعض الشحنات الموجبة ويرجع ذلك إلى التبادل الأنيونى Anion exchange ، وتنشأ الشحنات الموجبة من عدة مصادر هى :-

١- مجموعة الأمين $R\text{-}NH_2$ والتى يحدث لها إضافة بروتون فتصبح موجبة الشحنة $R\text{-}NH_3^+$ وذلك فى الدبال.

٢- الروابط غير المشبعة والمتصلة بكاتيونات فى نهايات التركيب البنائى لمعادن السليكات.

٣- مجموعات الهيدروكسيل المعرضة على الأسطح والتى يزداد وجودها فى معادن الكاؤولينيت وأكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألومنيوم.

وتنشأ الشحنات الموجبة خاصة عند انخفاض ال pH وتوفر أيونات الهيدروجين تبعا للمعادلات التالية :-

$$R\text{-}OH + H^+ \longrightarrow R\text{-}OH_2^+$$

$$R\text{-}NH_2 + H^+ \longrightarrow R\text{-}NH_3^+$$

وتعمل هذه المجموعات الموجبة الشحنة على جذب الأنيونات من المحلول الأرضى بحيث يزداد تركيزها عند أسطح المعدن كما فى المعادلة :-

$$R\text{-}OH_2^+ + Cl^- \longrightarrow R\text{-}OH_2^+ \ .... \ Cl^-$$

$$R\text{-}NH_3^+ + Cl^- \longrightarrow R\text{-}NH_3^+ \ .... \ Cl^-$$

ويمكن ان يحل أى أنيون آخر محل الكلوريد Cl^- فى المعادلات السابقة بواسطة عملية التبادل الانيونى Anion exchange كما فى المعادلات التالية :-

$$R\text{-}OH_2^+ Cl^- + NO_3^- \longrightarrow R\text{-}OH_2^+ - NO_3^- + Cl^-$$

$$2\,(R\text{-}OH_2^+ \ Cl^-) + SO_4^{2-} \longrightarrow (R\text{-}OH_2^+)2\ SO_4^{2-} + 2Cl^-$$

ومن ذلك نجد ، أن الأراضى المحتويه على نسب عالية من معادن الكاؤولينيت وأكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألومنيا هى التى لها سعة تبادلية أنيونية عالية، وخاصة عند انخفاض رقم الحموضة تحت نقطة التعادل الكهربى. ويقل التبادل الأنيونى فى الأراضى عند التخلص من الأكاسيد السداسية، ويعتبر أنيون الفوسفات هو أكثر الأنيونات شيوعاً فى عملية التبادل الأنيونى، إلا أنه لوحظ حدوث تثبيت لجزء كبير منه مما يعزى إلى حدوث ارتباط كيميائى مع الأسطح المدمصة له.

مثال محلول :

?

سؤال – ما هى القلوية المتبادلة فى التربة؟

الإجابة – القلوية المتبادلة هى حدوث زيادة فى تركيز مجموعات الأيدروكسيل فى المحلول الأرضى نتيجة حدوث إحلال تبادلى أنيونى لهذه المجموعات وخاصة المعرضة على الأسطح والمسماة بمجموعات ال Silanole كما فى التفاعل التالى:

$$2(R - OH_2^+ - OH) + SO_4^{2-} \longrightarrow (R\text{-}OH_2)_2\, SO_4 + 2OH^-$$

حيث يرتفع رقم الحموضة لأنفراد مجموعات الهيدروكسيل ، نتيجة لإحلالها بواسطة أنيونات الكبريتات ، وتزداد القلوية المتبادلة بزيادة قوة إحلال الأنيون.

٤- ٩ التبادل بالتماس Contact exchange

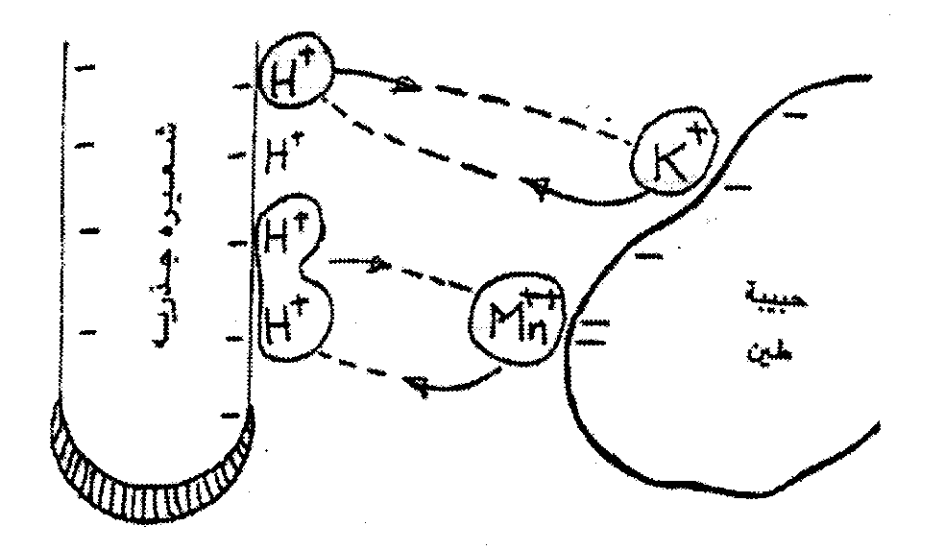
التبادل الأيونى السابق شرحه يتم عادة بين أسطح الحبيبات الغروية فى التربة والمحلول الأرضى Soil solution إلا أنه قد يحدث التبادل الأيونى عند تماس الأسطح ذات النشاط التبادلى وهناك نوعان من التبادل بالتماس هما :-

أ- تماس حبيبات التربة ببعضها البعض : -

وفيه يحدث التبادل بين الأيونات المرتبطة بأسطح الحبيبات المتماسة طبقاً لقوانين التبادل الأيونى وتزداد سرعة التبادل بزيادة نقاط التماس بين الحبيبات وبعضها البعض مما يساعد على انتقال الأيونات من نقطة إلى أخرى لسطح التربة .

ب- تماس حبيبات التربة مع جذور النبات : -

تتخلل الشعيرات الجذرية خلال نموها واستطالتها الفراغات البينية المحصورة فى نسيج التربة وأثناء ذلك تتماس مع العديد من حبيبات التربة المتبادلة على أسطحها الأيونات المختلفة ومن المعروف أن الشعيرات الجذرية تحمل أيونات أيدروجين على أسطحها ذات درجة نشاط عالية تؤهلها إلى التبادل مع الزيونات المتبادلة على أسطح غرويات التربة طبقاً للمخطط التالى :-



شكل رقم (٢٧) :التبادل بالتماس بين الأيدروجين المتواجد على جذور النباتات وأيونات العناصر المغذية المتبادلة على أسطح حبيبات الطين .

ويحصل النبات على قدر هام من عناصره الغذائية عن طريق التبادل بالتماس .

ولقد استخدمت خاصية التبادل بالتماس معمليا فى تقدير العناصر الغذائية الميسرة فى التربة وخاصة الفسفور الميسر بطريقة Moller &Mogensen (١٩٥٣) حيث ترج التربة مع قدر من برميوتات الصوديوم (NaR) فيحدث انفراد للفوسفات المرتبطة بالكالسيوم نتيجة التبادل الذى يحدث طبقاً للمعادلة التالية :-

$$(6NaR + Ca_3(PO_4)_2 \longrightarrow 3CaR_2 + 2Na_3(PO_4))$$

٤-١٠ تطبيقات التبادل الأيونى فى المجالات الزراعية :

أولا :- معالجة الأراضى الحامضية والقلوية

يستخدم التبادل الأيونى فى معالجة الأراضى الحامضية التى يسودها أيون الهيدروجين H^+ المتبادل ، وكذا الأراضى القلوية الصودية التى يسودها أيون الصوديوم المتبادل Na^+ على معقد التبادل والتى تزيد فيها نسبة الصوديوم المتبادل(Esp) عن ١٥٪ من السعة التبادلية الكاتيونية (CEC) ويتم ذلك عن طريق إحلال الكالسيوم محل الهيدروجين فى الأراضى الحامضيه أو الصوديم فى الأراضى القلويه عن طريق إضافه بعض المحسنات الكيميائيه مثل الجير والجبس الزراعى كما فى المعادلات التالية:-

*** فى الأرض الحامضية :-**

$$\text{حبيبة تربة}\begin{matrix}-H\\-H\end{matrix} + CaCO_3 \longrightarrow \text{حبيبة تربة} = Ca + CO_2 + H_2O$$

*** فى الأرض القلوية :-**

$$\text{حبيبة تربة}\begin{matrix}Na\\Na\end{matrix} + CaSO_4,2H_2O \longrightarrow \text{حبيبة تربة} = Ca + Na_2SO_4 + _2H_2O$$

وعند سيادة أيون الكالسيوم على معقد التبادل يصبح رقم حموضة الأرض متعادلاً ويتحسن البناء الأرضى ، وبالتالى حالة الصرف ، ويزداد النشاط الحيوى لكائنات التربة.

تعريف :

المحسنات الكيميائية Chemical amendments

مركبات كيميائية عضوية أو معدنية تضاف إلى التربة لإحداث تفاعلات كيميائية يكون من شأنها تغيير الظروف الكيميائية غير المرغوب فيها بأخرى مرغوب فيها تؤدى إلى تحسين الخواص الكيميائية للتربة.

ثانيا :- المساعدة فى تقييم خصوبة الأرض الكيميائية و تحديد مدى الاستجابة للتسميد :

مما سبق عن تعريف السعة التبادلية الكاتيونية لحظنا على أنها ، كمية الكاتيونات المتبادلة الموجودة على سطوح وحدة وزنية من التربة الجافة والتى من المعتاد تقديرها كمليمكافئات من الكاتيونات المتبادله لكل ١٠٠ جرام تربة (meq/100g) وإلقاء الضوء على البوتاسيوم المتبادل حيث إنه المصدر الهام فى الامداد الفورى لاحتياج النباتات من عنصر البوتاسيوم وتقدير النسبة المئوية للبوتاسيوم المتبادل يمكن بناءً عليها تحديد مدى الاحتياج إلى التسميد بالأسمدة البوتاسية .

[?] **مثال محلول :-**

المثال التالى يوضح خطوات حساب كمية أى كاتيون متبادل فى التربة ونسرد فى حالتنا هذه البوتاسيوم المتبادل حيث إنه أحد الثلاث عناصر السمادية. وكانت نتائج التحليل المعملى للبوتاسيوم المتبادل كالتالى :-

نوع الأرض	البوتاسيوم المتبادل (ملليمكافى / ١٠٠ جم)
١ - أرض رملية طمييه فى حالة عالية من التجوية.	٠,١٩
٢ - أرض رملية طمييه طينيه فى حالة عالية من التجوية.	٠,٠٦
٣ - أرض رملية طمييه تحت نطاق المناطق الجافة	٠,٧٨

الحلول :-

١- ولتحديد مدى الاحتياج إلى التسميد البوتاسى من عدمه يتوقف ذلك على المحصول النامى والإنتاج المتوقع ، فبفرض أن محصول الذرة يحتاج إلى التسميد البوتاسى فى حالة ما إذا كان اختبار التربة فى طبقة ١٥ سم السطحية للبوتاسيوم يكون أقل من ٧٢ كجم بوتاسيوم متبادل/ فدان لعمق ١٥ سم.

٢- وكمتوسط نجد أن وزن التربة لمساحة فدان ولعمق ١٥ سم يمكن حسابه كما يلى :

مساحه الفدان الواحد = ٤٢٠٠ م^{٢}

حجم التربة فى الفدان لعمق ١٥ سم = ٤٢٠٠ x ١٥ر٠ = ٦٣٠ م^{٣}

وزن هذه الطبقه للفدان = الحجم x الكثافة الظاهرية

= ٦٣٠ x ١ر٦ = ١٠٨٠ طن

= ١٠٠٠ طن تقريبا

٣- لتحويل ملليمكافئات البوتاسيوم إلى وحدات وزنية تتبع الخطوات التالية :-

عدد جرامات البوتاسيوم = $\frac{\text{عدد ملليمكافئات البوتاسيوم × الوزن المكافىء للبوتاسيوم}}{١٠٠٠}$

وعلى ذلك فالملليمكافىء الواحد من البوتاسيوم يعطى ٠٫٠٣٩ جرام بوتاسيوم كالتالى:-

عدد جرامات البوتاسيوم = $\frac{١ \times ٣٩}{١٠٠٠}$ = ٠٫٠٣٩ جرام بوتاسيوم

= ٣٩ ملليجرام بوتاسيوم

٤- ولحساب عدد الكيلو جرامات من البوتاسيوم المتبادل الموجود فى مساحة فدان وعمق ١٥ سم يجرى ما يلى :-

بفرض أن التربة تحتوى على واحد ملليمكافىء بوتاسيوم متبادل لكل ١٠٠ جرام من هذه التربة فهذا يعنى وجود ٣٩ ملليجرام بوتاسيوم متبادل / ١٠٠جرام تربة

أو ٣٩٠ ملليجرام بوتاسيوم متبادل/ كجم تربة

أو ٣٩٠ جرام بوتاسيوم متبادل / طن تربة

∴ كل واحد ملليمكافىء بوتاسيوم متبادل/ ١٠٠ جم تربه يكافىء ٣٩٠ كيلو جرام بوتاسيوم فى طبقة ١٥ سم للفدان (وزن هذه الطبقه = ١٠٠٠ طن تقريبا).

ولاختبار موقف البوتاسيوم المتبادل فى الأراضى المختبرة لتحديد مدى استجابتها للتسميد البوتاسى من عدمه تجرى الحسابات التالية :-

الأرض رقم (١) ٣٩٠ x ١٩ر٠ = ٨ر٧٤ كجم بوتاسيوم/ فدان لعمق ١٥ سم

الأرض رقم (٢) ٣٩٠ x ٠٦ر٠ = ٤ر٢٣ كجم بوتاسيوم / فدان لعمق ١٥ سم

الأرض رقم (٣) ٣٩٠ x ٧٨ر٠ = ٢ر٣٠٤ كجم بوتاسيوم/ فدان لعمق ١٥ سم

من هذه النتائج يتضح أن :-

الأرض رقم (١) تقع فى نطاق الحد الحرج وهو ٧٢ كجم ، ومعنى ذلك أنها تستجيب قليلا للتسميد البوتاسى أو لا تحتاج، أما التربة رقم (٢) فهى تعانى من نقص شديد جدا لهذا العنصر ، وعليه فيكون لها استجابة عالية للتسميد. أما الأرض (٣) فإنها تحتوى على كميات مرتفعة جدا من البوتاسيوم وبالتالى لا تستجيب للتسميد بهذا العنصر. وتعتبر هذه النتائج مرشدا جيدا يجب أن تؤخذ فى الاعتبار لما لها من بعد اقتصادى هام جدا.

ثالثا : حماية البيئة الزراعية من الملوثات:

تستقبل البيئة الزراعية الآن العديد من الملوثات القادمة إليها من مصادر مختلفة سواء كانت من نشاط صناعى أو صرف صحى أو الكيماويات الزراعية (أسمدة ومبيدات)، فالتربة الزراعية وهى احد عناصر البيئة الزراعية تعتبر مستقبلا جيداً لهذه الملوثات ، وخاصة القادمة إليها مع مياه الرى أو الكيماويات الزراعية فإذا كانت مياه الرى حاملة للملوثات مثل الرصاص Pb^{2+} او الكادميوم Cd^{2+} فإنه لا يحدث غسيل لها بسهولة نظرا لادمصاصها على مواقع التبادل وإعاقة حركتها وجعلها فى صورة غير متحركة ، وبهذا الشكل تحمى المياه الجوفية من خطورة هذه الملوثات، ولكن على الجانب الآخر يجب تدارك إمكانيه تحركها لامتصاصها بواسطة النبات النامى.

رابعا :- ادمصاص الجزيئات :-

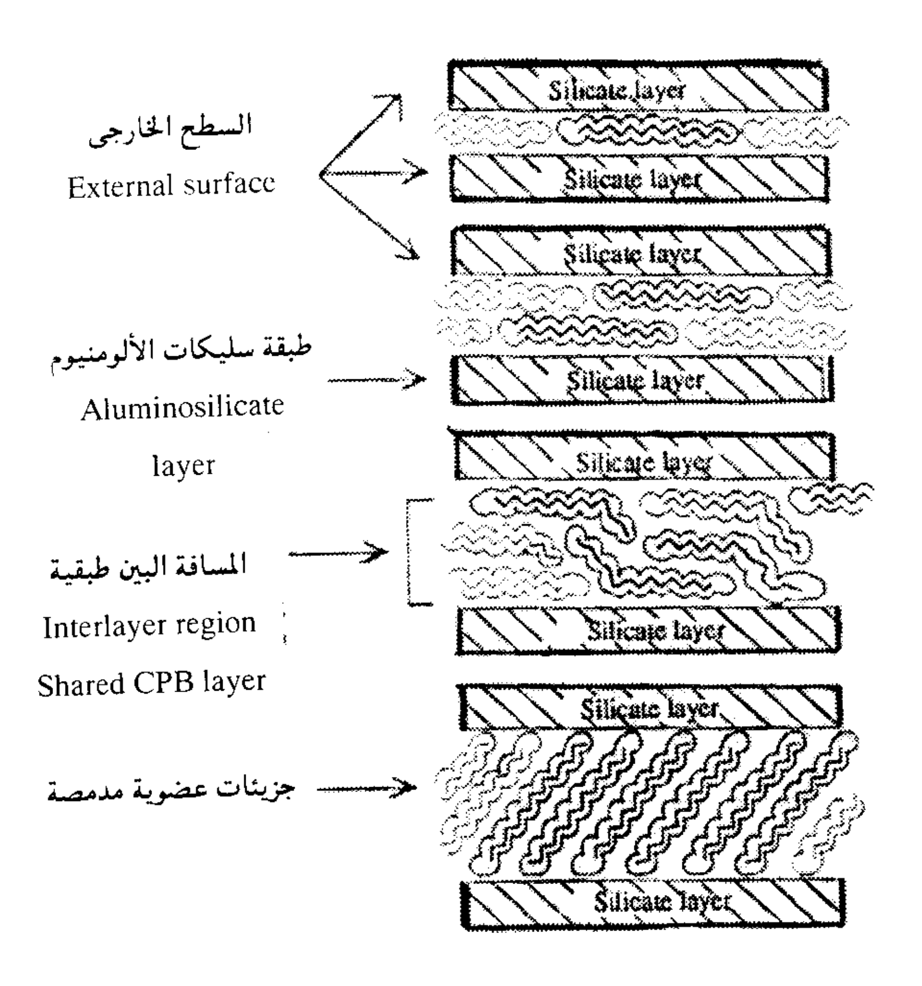
يحدث ادمصاص للجزيئات العضوية على سطح الطين أو حبيبات التربة عموما، بعد تحويلها إلى كاتيونات عضوية عن طريق اكتسابها لبروتون (H^+) سواء من تلك المتبادلة على أسطح الطين أو من المحلول الأرضى ، وقد يحدث ادمصاص للجزيئات المتعادلة عن طريق الروابط الهيدروجينية ، كما وقد ترتبط الجزيئات العضوية بعضها ببعض عن طريق روابط عديده وهذه بدورها تدمص على أسطح حبيبات التربة مكونة ما يسمى بالمعقدات المعدنية العضوية organo- mineral complexes والشكل رقم (٢٨) يوضح ادمصاص الجزيئات العضوية على السطوح الداخلية لمعدن طين المونتموريللونيت.

ويلعب تكوين مثل هذه المركبات أو المعقدات فى الأرض دوراً هاماً فى تكوين بناء جيد وثابت للتربة عند إضافة المحسنات الطبيعية أو المخلقة soil conditioners ، حيث ترتبط جزيئاتها العضوية مع حبيبات التربة وتعمل على التحامها ، مما يكون له أكبر الأثر فى تحسين خواص الأراضى الرمليه من ناحية قدرتها على الاحتفاظ بالعناصر الغذائيه والمياه، بالإضافه إلى ذلك فإن تكوين المعقدات المعدنية العضوية يعمل على تقليل التاثير السام لكثير من الكيماويات الزراعية التى تضاف إلى التربة مثل مبيدات الحشائش ومبيدات النيماتودا.

وجدير بالذكر ، أن مخلفات كثير من الصناعات القائمة والتى تصل إلى الأرض عن طريق مياه الرى الملوثة تحمل نوعيات متعددة من المركبات العضوية ذات الأضرار البالغة ، ولكنها عندما تصل إلى الأرض تدمص عليها وتكون معقدات معدنية ذات ضرر أقل كثيراً مما كانت عليه من قبل.

تعريفات :

* معقدات التربة (المعدنية - العضوية) Organo - mineral Complexes وتنتج من التفاعلات السطحية التى تحدث بين المركبات العضوية فى التربة وأسطح الحبيبات المعدنية النشطة وينتج عنها معقد مختلف فى سلوكه الكيميائى عن المواد الداخلة فى تركيبه.
* محسنات التربة Soil Conditioners:مواد معدنية أو كيميائية أو عضوية ، سواء أكانت طبيعية أو مصنعة ، تضاف إلى الأرض بغرض إكسابها صفات مرغوب فيها نتيجة تعديل وتحسين بعض خواصها الرديئة.



شكل رقم (٢٨): يوضح ادمصاص الجزيئات العضوية على سطوح معدن طين المونتموريللونيت

٤-١١ ملخص الباب الرابع

* التبادل الأيونى هو أحد مظاهر كيمياء السطوح فى الأرض وفيه يتم التجاذب الكهربى بين الأيونات والسطوح المختلفة الشحنة لحبيبات التربة ، ويكون هناك توازن بينها وبين الصورة الذائبة فى المحلول الأرضى.

* يرجع التبادل الأيونى إلى وجود شحنات على أسطح حبيبات التربة الناتجة من الإحلال المتماثل فى البناء الذرى للمعادن، وكذلك لتأين مجموعات الأيدروكسيل المعرضة على الأسطح، بالإضافة إلى الروابط الغير مشبعة على الأحرف المكسرة للمعدن.

* يؤثر رقم الحموضة على السعة التبادلية الكاتيونية، وخاصة فى المعادن التى يغلب فيها الشحنات الراجعة إلى الأحرف المكسرة، حيث تزداد CEC بزيادة رقم الحموضة pH ، وتسمى الشحنات المتولدة "بالشحنات وليدة تغير رقم الحموضة"، وعند رقم حموضة معين تتساوى الشحنات السالبة مع الموجبة وتسمى هذه نقطة التعادل الكهربى.

* السعة التبادلية الكاتيونية CEC: هى كمية الكاتيونات المتبادلة مقدرة بالمليمكافئات لكل ١٠٠ جرام من المادة عند رقم حموضه ٧ ، وتختلف المواد المختلفة والمعادن فى قيم الCEC، فأعلى قيمة تكون للدبال وأقل قيمة تكون للأكاسيد السداسية الحرة كما فى الترتيب التالى:-

دبال >> فيرميكيوليت> مونتموريللونيت > ميكا متأدرتة > كاؤلينت > أكاسيد سداسية

* الطبقه الكهربائية المزدوجة، وتنشأ من زيادة تركيز الكاتيونات قرب سطح الحبيبة مع نقص الأنيونات، والعكس صحيح بالبعد عن سطح الحبيبة ويقل سمك هذه الطبقة بزيادة تركيز الأيونات فى المحلول الأرضى وكذلك بزيادة تكافؤ هذه الأيونات.

* تستند معادلات التبادل الأيونى إلى قوانين فعل الكتلة مع استخدام درجة نشاط الأيونات بدلا من تركيزاتها، حيث إنه بزيادة تأدرت الزيون تقل قيم معامل النشاط كما تقل درجة نشاط الأيونات بالقرب من سطح الحبيبة وترتب الكاتيونات على حسب قيمة معامل نشاطها كالتالى:-

$$Li < Na < K < Mg < Ca < H$$

* أهم العوامل المؤثرة على سرعه التبادل الأيونى ودرجة الإحلال النسبى للأيونات هى : نوع مادة التبادل، السعة التبادلية، نوع الأيونات المتبادلة، تركيز المحلول الأرضى، وقوى الإحلال النسبى للأيونات الأحاديه والثنائية حسب ترتيبها فى المتسلسلات التالية:

أيونات أحادية :- $Li < Na < K < Rb < Cs$

أيونات ثنائية :- $Mg < Ca < Sr < Ba$

* الادمصاص السالب : هو حدوث زيادة في تركيز الأنيونات بالبعد عن سطح حبيبات التربة المشحونة بالشحنات السالبة وهو يقل بانخفاض رقم حموضة التربة.

* التبادل الأنيونى : هو حدوث تبادل للأنيونات على مراكز الشحنات الموجبة على أسطح حبيبات التربة، وخاصه تلك المتغيرة الشحنة، وذلك عندما ينخفض رقم الحموضة عن نقطة التعادل الكهربى، وأهم المعادن التي تقوم به معادن الأكاسيد السداسية والكاؤلينيت.

* يتم التبادل الأيونى عن طريق التلامس المباشر بين الحبيبات المعدنية والعضوية وبعضها البعض، وكذلك بينها وبين جذور النبات، ويسمى "التبادل بالتلامس"

* يساهم التبادل الأيونى فى حل الكثير من المشكلات الكيميائية كما فى الأراضى القلوية، والمشكلات الخصوبية وخاصة فى مجال تيسر عناصر البوتاسيوم والفوسفور، وكذا فى مشكلات تلوث البيئة بالعناصر الثقيلة، حيث يقلل التبادل الأيونى من سميتها بالإضافة إلى تحسين الخواص البنائية للأرض عن طريق استخدام محسنات التربة.

٤-١٢ أسئله الباب الرابع

؟

١- اذكر مسببات كل من التبادل الكاتيونى والأنيونى فى التربة . وما هى أهمية دراستها؟

٢- عرف السعة التبادلية الكاتيونية، ثم اذكر أثر درجة الحموضة عليها.

٣- ما هى نقطة التعادل الكهربى ؟ ولماذا تظهر فى بعض الأراضى دون الأخرى؟

٤- ما هى المكونات الفعالة فى التبادل الكاتيونى فى التربة؟ وما هى قيمة أل CEC لمفصول الطين الذى به ١٪ دبال ، ١٥٪ كاؤولينيت، ١٠٪ فيرميكيوليت ، ٤٩٪ مونتموريللونيت، ٢٠٪ ميكا هيدراتية، ٥٪ كوارتز (استعن با لجدول رقم١٢ ص١١٤).

٥- عرف الطبقة الكهربية المزدوجة ، ثم اذكر النظريات التى تصورها ، والعوامل المؤثرة عليها من حيث ، سمكها، وتوزيع الايونات بداخلها.

٦- اشرح العوامل التى تؤثر على التبادل الكاتيونى - وكذلك العوامل المؤثره على درجة الإحلال النسبى للكاتيونات.

٧- اشرح مستعينا بالمعادلات التبادل الأنيونى للفوسفات والنيترات ، وما هى المواد التى تقوم بها فى التربة ؟ والأهمية التطبيقية لذلك.

٨- علل لما يأتى :-

أ- حدوث هجرة لحبيبات الطين فى معلق منها معرض للمجال الكهربى.

ب- ادمصاص غروى الذهب على الأحرف الخارجية لحبيبات معدن الكاؤولينيت.

جـ- عدم ظهور نقطة تعادل كهربى لمعدن المونتموريللونيت.

د- استخدام الجبس الزراعى فى إصلاح الأرض القلوية.

٩- عرف الادمصاص السالب وعلاقته بالطبقة الكهربية المزدوجة، وما هى مظاهره؟

١٠- اشرح بإيجاز ظاهرة "التبادل بالتماس" وأهميتها فى تغذية النبات؟

القسم الرابع

ويشمل :

الباب الخامس : رقم الحموضة والسعة التنظيمية للأرض

الباب السادس :- كيمياء المحلول الأرضى



الباب الخامس

رقم الحموضة والسعة التنظيمية للأرض

Soil Reaction (pH) and Buffering Capacity

الأهداف :

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :-

١- يعرف المفاهيم العلمية الواردة فى الباب بدون أخطاء .

٢- يحدد وحدات قياس رقم حموضة (pH) الأرض .

٣- يحدد تركيزات أيونات الهيدروجين لبعض المحاليل بمعرفة أرقام (pH) لها .

٤- يذكر مصادر أيونات الهيدروجين فى الارض .

٥- يحدد العوامل المؤثرة على رقم حموضة (pH) الارض .

٦- يحسب نسبة التشبع بالكتيونات القاعدية وعلاقتها برقم حموضة (pH) الأرض .

٧- يشرح ظاهرة المعلق ويذكر أسبابها وطرق التغلب عليها .

٨- يقارن بين الحموضة النشطة والحموضة الكامنة للتربة .

٩- يشرح ظاهرة تأثير التخفيف عند قياس رقم حموضة (pH) الأرض موضحا أسبابها وطرق التغلب عليها .

١٠- يستنتج العلاقة بين تركيز ثانى أكسيد الكربون ورقم حموضة (pH) الأرض

١١- يحل مسائل تتناول أثر ضغط ثانى أكسيد الكربون على رقم حموضة (pH) لكل نوع .

١٢- يصنف الأراضى بناء على رقم حموضتها ويحدد رقم حموضة (pH) لكل نوع.

١٣- يقيس بطريقتين رقم (pH) فى الأرض .

١٤- يذكر أهمية تحديد رقم حموضة (pH) التربة .

١٥- يعالج مشاكل الحموضة والقلوية فى الأرض .

١٦- يذكر أسباب الفعل التنظيمى للأرض وأهميته لها .

١٧- يستخدم طريقتين للتعبير عن السعة التنظيمية للأرض .

١٨- يقدر معمليا السعة التنظيمية للأرض .

١٩- يذكر أهمية الفعل التنظيمى للأرض .

٢٠- يشرح كيفية تعديل الفعل التنظيمى للأرض .

العناصر :

١ - تعريف رقم حموضة (pH) الأرض ومدلوله .

٢ - العوامل المؤثرة على رقم حموضة (pH) الأرض .

٣ - حدود رقم حموضة (pH) الأراضى وطرق قياسة .

٤ - أهمية رقم حموضة (pH) الأرض .

٥ - الفعل التنظيمى للأرض .

٦ - تقدير السعة التنظيمية للأرض .

٧- أهمية الفعل التنظيمى للأرض .

٨ - الفعل التنظيمى للأراضى الصحراوية .

٩- ملخص الباب الخامس .

١٠- أسئلة الباب الخامس .

الباب الخامس

رقم الحموضة والسعة التنظيمية للأرض

Soil Reaction (pH) and Buffering Capacity

٥ - ١ تعريف رقم حموضة (pH) الأرض ومدلوله :

يعتبر رقم حموضة التربة (Soil pH Value) صفة مهمة لها ، حيث إن لكل نوع من النباتات حدودا معينة من رقم الحموضة لكى تنمو بشكل طبيعى ، كما وأن نشاط الأحياء الدقيقة مرتبط وبدرجة كبيرة مع رقم حموضة التربة ، بالإضافة إلى أنه يؤثر بشكل مباشر على تيسر العناصر الغذائية وبالتالى خصوبة التربة .

ويدل هذا الرقم على حموضة acidity أو قاعدية basicity التربة ، ويأتى هذا المصطلح من التعبير (Hydrogen power) .

تعريف

رقم الحموضة pH هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين (H^+) بالمول فى اللتر من المحلول ، المول Mole هو الوزن الجزيئى الواحد للأيون أو الجزىء.

وعندما يتأين الماء (H_2O) الى (H^+) ، (OH^-) فى محلول متعادل فإن تركيز كل من أيون الهيدروجين والهيدروكسيل يكون مساويا ١٠^-٧ مول / لتر ، والمعادلات التى تعبر عن ذلك هى :

$$HOH \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ويمكن حساب انقسام الماء كما يلى :

$$\frac{[H^+][OH^-]}{[H\,OH]} = 1 \times 10^{-14}$$

وحيث إن الماء متعادل التأثير ، فإن تركيز كل من أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل يكون متساويا كما يلى : -

$$\{H^+\} = \{OH^-\} = 1 \times 10^{-7} \text{ mole / litre}$$

واللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين فى هذه الحالة هو ٧ وهو رقم

الـ pH ، وعندما يكون تركيز أيون H^+ أكبر (حموضة أكثر) كأن يكون مثلا ١٠ $^{-٤}$ مول / لتر ، فإن قيمة الـ pH في هذه الحالة تكون منخفضة وتساوى ٤ ، وفى المحلول القاعدى يزيد تركيز أيون H^- عن تركيز أيون H^+ .

قاعدة :
حاصل ضرب تركيز أيون الهيدروجين فى تركيز أيون الهيدروكسيل بالمول / لتر يعطى مقدارا ثابتا وهو ١٠ $^{-١٤}$ مول / لتر ، او أن اللوغاريتم السالب لتركيز الهيدروجين والهيدروكسيل يساوى ١٤ أو : $pH + pOH = 14$

وعند نقطة التعادل (pH = ٧) ، يتساوى تركيز كل من الأيونين H^+ , oH^- فى المحلول . وتحت هذا الرقم تكون الأرض فى الجانب الحامضى، وفوقه تكون فى الجانب القلوى ، وتغير رقم الـ pH بمقدار وحدة واحدة يعنى أن تركيز أيون الهيدروجين قد تغير بمقدار عشرة أضعاف وتركيز H^+ عند رقم pH = ٥ أكبر مائة مرة عن مثيله عند رقم pH = ٧ .

وعادة ما يقدر رقم pH الأرض Soil reaction فى العجينة المشبعة بالماء ، وهى أقرب ما تكون إلى حالة تواجدها فى الطبيعة ، ويقاس أيضا فى معلقات ذات نسب مختلفة بين التربة والماء ، أو محاليل ملحية مخففة مثل كلوريد الكالسيوم أو كلوريد البوتاسيوم .

[?] سؤال محلول :-

سؤال - ما هى مصادر أيونات الهيدروجين فى الأرض ؟

الإجابة - مصادر أيونات الهيدروجين فى الأرض هى :

١- حمض الكربونيك الذائب فى محلول الأرض .

٢- الأحماض العضوية التى تفرزها جذور النباتات والكائنات الدقيقة .

٣- أكسدة مركبات النيتروجين العضوية إلى حمض نيتريك .

٤- أكسدة الامونيا من الأسمدة النيتروجينية إلى حمض نيتريك .

٥- التحلل المائى (انقسام جزىء الماء) .

٥-٢ العوامل المؤثرة على رقم حموضة pH الأرض

هناك عدة عوامل تؤثر على قيمة الـ pH المقاسة لعينة من الأرض وهذه العوامل هى :

١ - نسبة التشبع الكاتيونى القاعدى

Basic cation saturation percentage

تدمص الكاتيونات - عادة - على مواقع التبادل الموجودة على غرويات التربة (معدنية وعضوية)، وهذه الكاتيونات يمكن أن تنقسم إلى كاتيونات مكونة للحموضة مثل الألومنيوم والهيدروجين ، وكاتيونات مكونة للقاعدية مثل الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم وبعض الكاتيونات الأخرى ، ومقدار ما تساهم به الكاتيونات القاعدية كنسبة مئوية من الكاتيونات الكلية على معقد التبادل يطلق عليه اسم النسبة التشبعية للكاتيونات القاعدية .

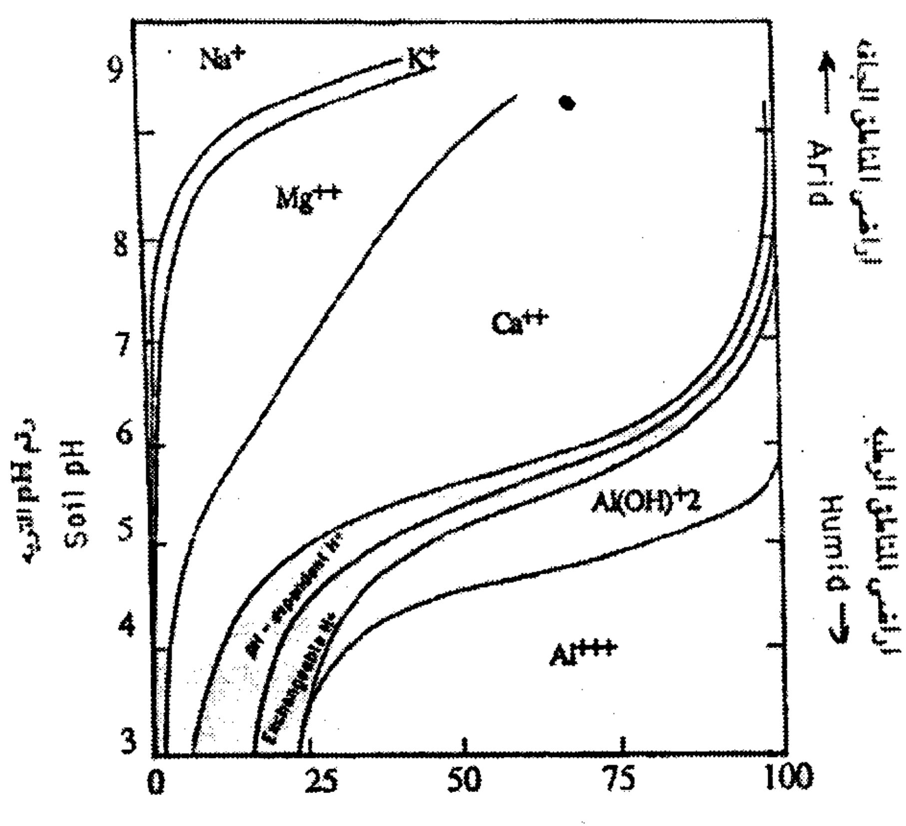
? **مثال: -**

إذا كان لدينا تربة سعتها التبادلية الكاتيونية هى ١٦ ملليمكافىء / ١٠٠جم تربة منها ٤ر٢ ملليكمافىء كاتيونات ألومنيوم وهيدروجين ، فإن ما يتبقى على مواقع التبادل الكاتيونى يكون - عادة - هو محتوى هذه المواقع من الكاتيونات القاعدية أى أن: -

الكاتيونات القاعدية = ١٦ر٠ - ٤ر٢ = ١١ر٨ ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربة وعليه فإن: -

نسبة التشبع بالكاتيونات القاعدية = $\frac{١١,٨}{١٦}$ × ١٠٠ = ٧٣ر٧٪

وكلما زادت نسبة التشبع الكاتيونى القاعدى للتربة ارتفع رقم الـ pH لها والعكس، صحيح ؛ فالتربة الحامضية ذات نسبة منخفضة من التشبع بالكاتيونات القاعدية مع سيادة للهيدروجين المتبادل وأيونات الألومنيوم الذائبة كما يتضح من شكل رقم (٢٩) .

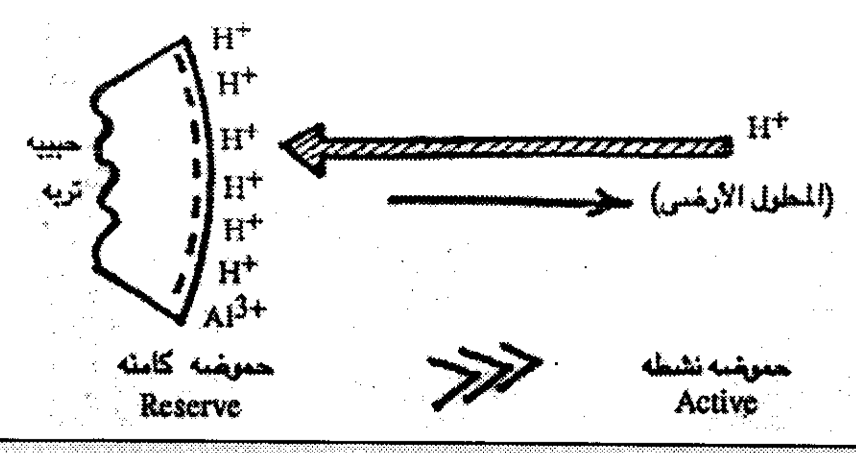


شكل رقم (٢٩): علاقة عامة بين رقم pH التربة ونسب التشبع بالقواعد

٢ - تأثير المعلق Suspension effect

يرتفع رقم pH الأرض عند قياسه فى المحلول الرائق عنه إذا ما قيس فى معلق التربة، وتسمى هذه الظاهرة بتأثير المعلق Suspension effect. ويتم تفسير تلك الظاهرة على أساس أن تركيز أيونات الهيدروجين يزداد بالقرب من أسطح حبيبات التربة التى تحمل شحنات سالبة . ثم ينخفض بشدة بالبعد عن هذه الأسطح طبقا لمفهوم الطبقة الكهربائية المزدوجة Electric double layer.

ولقد وجد أن تركيز أيونات الهيدروجين فى المحلول الأرضى الحر عند الاتزان يمثل من ٠٠١ر٠ الى ١ر٠ ٪ فقط من كمية الهيدروجين الكلية فى التربة ، وترجع الحموضه النشطة Active acidity فى التربة إلى هذه الكمية الضئيلة من أيونات H^+، بينما الغالبية العظمى من أيونات الهيدروجين والمقيدة بأسطح حبيبات التربة فترجع إليها الحموضة الكامنة Reserve acidity للتربة .



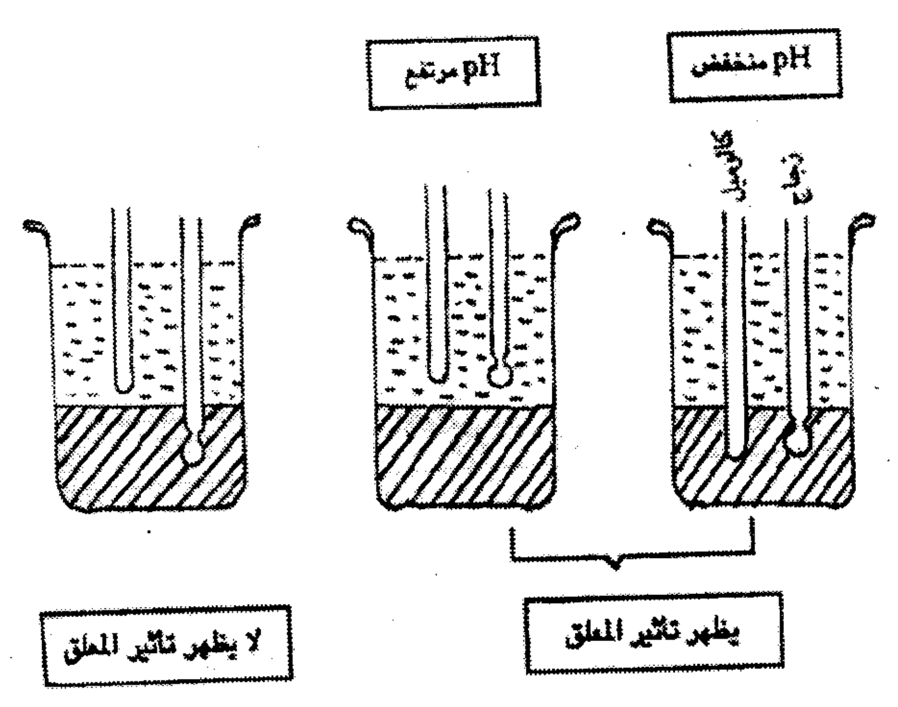
تعريف : -

* الحموضة النشطة Active acidity هو تعبير عن تركيز أيون الهيدروجين الذائب فى المحلول الأرضى ويمكن قياسها بسهولة .

* الحموضة الكامنة Reserve acidity هو تعبير عن تركيز أيونات الهيدروجين المتبادل على أسطح حبيبات التربة ، وهو يمثل ٩ر٩٩٪ من التركيز الكلى للهيدروجين فى التربة ، ويقاس تحت ظروف خاصة.

وعند قياس رقم الـ pH فى المعلق فإن قطب الزجاج glass electrode المستخدم فى جهاز قياس رقم الحموضة يكون أقرب ما يكون لسطح حبيبة التربة، وبالتالى فإنه يتأثر بالتركيز العالى لأيونات الهيدروجين المقيدة بهذا السطح ونحصل على رقم pH منخفض ، وعند قياس الـ pH فى المحلول الرائق ، فإن موضع قطب الزجاج يكون بعيدا عن سطوح حبيبات التربة ويكون متأثراً بتركيز الهيدروجين المنخفض فى المحلول الأرضى وبالتالى نحصل على رقم pH مرتفع لنفس نوع الأرض المستخدمة .

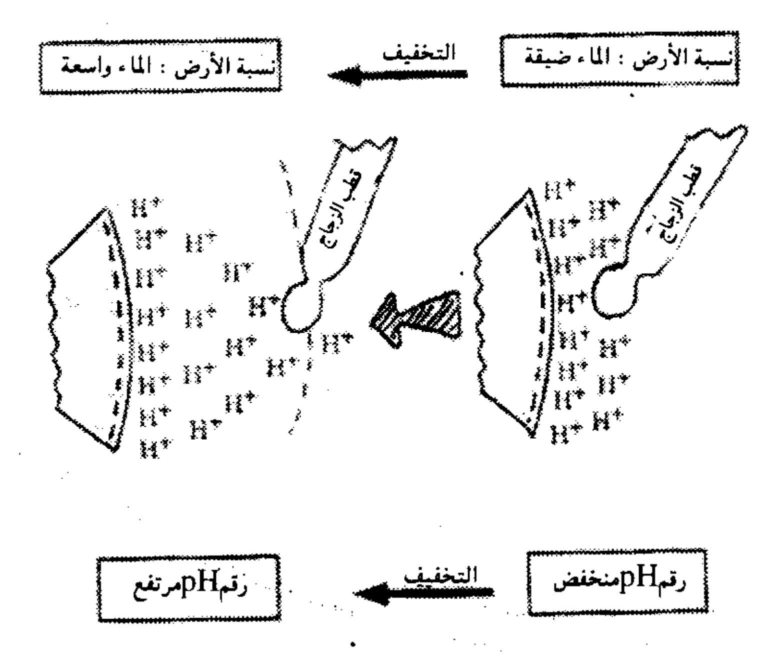
وللتغلب على ظاهرة تأثير المعلق ، فإنه عند قياس رقم pH التربة ، يوضع القطب الزجاجى مغموراً فى التربة المترسبة من المعلق بينما يوضع القطب المرجعى (قطب الكالوميل) فى المحلول الرائق كما يبدو فى شكل رقم (٣٠) .



شكل رقم (٣٠) : رسم تخطيطى يوضح أثر أوضاع أقطاب جهاز قياس الـ pH على القيم المقاسة

٣ - تركيز الأملاح الذائبة : -

لتركيز الأملاح الذائبة فى التربة تأثير كبير على رقم pH التربة ، حيث إنه يؤثر على طبيعة الطبقة الكهربائية المزدوجة ، فلقد وجد أنه بزيادة تركيز الأملاح الذائبة فى محلول التربة ينخفض رقم الحموضة المقاس لهذه التربة ، وتسمى هذه الظاهرة " أثر التخفيف "Dilution effect" ويمكن تفسير ذلك بأن كاتيونات التركيز العالى من الاملاح تتبادل مع الهيدروجين المقيد على أسطح حبيبات التربة . ويؤدى ذلك إلى انفراد أيونات الهيدروجين وزيادة تركيزها فى المحلول الأرضى وينتج عنه انخفاض فى رقم ال pH المقاس ، بينما محاليل الأملاح المخففة لا تستطيع أن تتبادل كلية مع الهيدروجين المتبادل ، مما يؤدى إلى ارتفاع رقم ال pH المقاس . إضافة إلى ذلك ، فإنه يحدث انضغاط للطبقة الكهربائية المزدوجة بتواجد تركيزات عالية من الأملاح مما يؤدى إلى خروج جزء من الهيدروجين المتبادل فى هذه الطبقة إلى المحلول الخارجى حتى يبقى تركيزه داخل الطبقة الكهربائية المزدوجة ثابتا . أما فى التركيزات المنخفضة فلا يحدث ذلك (شكل رقم ٣١)



شكل رقم : (٣١) أثر نسب معلق التربة على رقم الحموضة المقاس

والجدول التالى (رقم ١٤) يحتوى على قياسات رقم الـ pH لمعلقات ذات نسب أرض : ماء مختلفة وذلك لأرض جيرية مائلة للقلوية ، ومنها يظهر تأثير التخفيف.

جدول رقم (١٤): أثر النسب المختلفة من الأرض : الماء على درجة حموضة أرض جيرية (برج العرب)

حجم الماء المضاف إلى ١٠٠ جرام أرض (سم٣)	رقم الـ pH		
	عينة أ	عينة ب	عينة جـ
١٠	٧,٤٥	٧,٩٥	٨,٠٠
٢٥	٧,٦٠	٨	٨,١٠
١٠٠	٧,٧٠	٨,٢٠	٨,٤٠
١٠٠٠	٨,١٥	٩,٢٠	٩,٦٠

وللتغلب على هذه الظاهرة فإنه يتم قياس رقم pH الأرض فى محلول ملحى مخفف . وعادة مايكون محلول ١ ر. عيارى من كلوريد البوتاسيوم أو محلول ١.٠ر. مول من كلوريد الكالسيوم ، والجدول رقم (١٥) يوضح أنا أرقام الـ pH المقاسة للأرض تنخفض عند استخدام محلول ١٠و. مول كلوريد كالسيوم بدرجة محسوسة عن تلك المقاسه باستخدام الماء .

جدول رقم (١٥) :أثر تركيز الأملاح على رقم حموضة الأرض

العينـــة	رقم الـ pH المقاس فى الماء	رقم الـ pH المقاس فى محلول ٠,٠١ مول $CaCL_2$
عينة أ	٧,٠١	٦,٤٦
عينة ب	٧,٤٢	٦,٧٧
عينة جـ	٨,٠٩	٧,٥٢

ومن الوجهه العملية والتطبيقية . فإن نسبة الرطوبة فى التربه تكون غير ثابته وتتغير من يوم إلى اخر بعد الرى نتيجة البخر وامتصاص النبات . وهذا بدوره يؤثر على

رقم pH التربة حيث تكون أعلى مايمكن بعد الرى مباشرة . ثم تبدأ فى الانخفاض مع نقص نسبة الرطوبة وزيادة تركيز الاملاح فى الماء الأرضى .

٤ - تركيز ثانى اكسيد الكربون :

يؤدى زيادة تركيز غاز ثانى اكسيد الكربون فى الهواء الأرضى الذى يشغل الفراغات البينية لحبيبات التربة الى انخفاض رقم pH الأرض ، ويرجع ذلك إلى ذوبان جزء من هذا الغاز فى الماء الأرضى وتكوين حمض الكربونيك الذى يعمل على خفض رقم الـ pH ، وخاصة فى الأراضى المتعادلة والقريبة من التعادل ، ويمكن حساب رقم الحموضة من المعادلة التالية : -

$$pH = pK_1 - 0.5 \sqrt{I} \ Log \ \frac{[H CO_3^-]}{[CO_2]}$$

- حيث pK_1 = ثابت الانقسام الاول لحمض الكربونيك وهو يساوى ٦٫٢٦ عند درجة ٢٤°م.
  I = القوة الايونية للمحلول الارضى.

وتعتبر الأراضى الجيرية حساسة للتغيرات فى ضغط ثانى اكسيد الكربون عن ذلك الموجود فى الهواء الجوى ولذلك فإن رقم pH بها يتغير بدرجة محسوسة ، ويمكن حساب رقم الـ pH لأرض جيرية غير ملحية من المعادلة التقريبية التالية .

$$2\ pH = K + pCa + pCO_2$$

حيث :

K = ثابت يتراوح بين ١٠ ، ١٠٫٥ يعبر عن ذوبان كربونات الكالسيوم

pC_a = اللوغاريتم السالب لنشاط ايون الكالسيوم

pCO_2 = اللوغاريتم السالب للضغط الجزيئى لثانى اكسيد الكربون فى الهواء الأرضى.

قاعدة : -

رقم pH الأرض الجيرية يتناسب طرديا مع اللوغاريتم السالب لضغط غاز ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الأرضى .

وتأكيدا لذلك نسوق الجدول رقم (١٦) ، الذى يظهر كيف ان رقم pH معلقا من الأرض الجيرية ينخفض بزيادة ضغط ثانى أكسيد الكربون بطريقة مماثلة لما يحدث لمعلق من كربونات الكالسيوم النقية وما يصاحب ذلك من ذوبان جزء من الكالسيوم فى المحلول.

جدول رقم (١٦): أثر ضغط ثانى أكسيد الكربون على رقم *pH* معلق من أرض جيرية وآخر من كربونات الكالسيوم وتركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى

ضغط ثانى أكسيد الكربون (ض . ج)	رقم pH معلق أرض جيرية	رقم pH معلق كربونات الكالسيوم	تركيز الكالسيوم الذائب ملليمكافئ / لتر
٠,٠٠٠٣٣	٨,٥٧	٨,٤٢	٠,٥٣
٠,٠٠١	٨,٣٠	٨,٠٠	٠,٧٥
٠,٠٠٣	٧,٩٥	٧,٧٧	١,١٤
٠,٠١	٧,٦٣	٧,٣٣	١,٧٠
٠,٠٣	٧,٣٠	٧,٠٠	٢,٥٢
٠,١٠	٦,٩٥	٦,٦٥	٣,٨٤

? مثال محلول :-

١- عند حساب رقم pH لأرض جيرية ، متزنة مع غاز ثانى أكسيد الكربون ضغطة يساوى ٠٠١ر٠ ض . جـ وتركيز من الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرض = واحد مول / لتر ، نفترض أن ثابت ذوبان كربونات الكالسيوم هو ٥ر١٠ ، وبالتعويض فى المعادلة التالية : -

$$2\,pH = K + pCa + pCO_2$$

ينتج أن :-

٢ pH = ٥ر١٠ + صفر + ٣

=٥ر١٣

∴ pH = ٧٥ر٦

٢- أرض جيرية غير ملحية لها pH = ٧٫٥ عند ضغط غاز CO_2 مقداره ٠٫٠٠١ ض.ج ، احسب تركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الارضى لها.

- PCO_2 = - لو ١٠$^{-٣}$ = ٣

بالتعويض فى المعادلة:-

$$2\ pH = K + pCa + pCO_2$$

$$٣ + pCa + ١٠ = ٧.٥ x٢$$

$$pCa + ١٣ = ١٥$$

$$\therefore pCa = ٢$$

∴ تركيز الكالسيوم الذائب = ١٠$^{-٢}$ مول/لتر

٥ -٣ حدود رقم pH الأرض وطرق قياسه :

يتراوح رقم pH معظم الأراضى تحت الظروف الحقلية بين ٣٫٥ الى ١٠٫٠ ، وخارج هذه الحدود لايستخدم إلا فى المواد الكيميائية مثل الاحماض والقلويات ، وتعتبر الأرض متعادلة اذا تراوح رقم الـ pH بها بين ٦٫٥ ، ٧٫٥ ، والأرض ذات القيم الأقل من ذلك تكون حامضية وذات القيم الاعلى من ذلك تكون قلوية (شكل رقم ٣٢) ، والأرض الحامضية تكون فقيرة فى القواعد المتبادلة (نسبة التشبع القاعدى منخفضه) ، والنشاط الميكروبى بها بطىء ، كما وان بعض العناصر المعدنية مثل الالومنيوم والمنجنيز تكون فى حالة ذائبه وقد تصل الى تركيزات سامه للنبات ، وعلى العكس من ذلك فإن الأرض القلوية يسود بها الصوديوم الذائب والمتبادل ويؤدى الى تفرقة حبيبات التربة ، وبالتالى سوء التهوية وحدوث اختزال لبعض المركبات ، وخاصة الحديد ، ويحدث نقص فى كثير من العناصر الغذائية. أما الأراضى الجيرية فإنها تعتبر مائلة للقلوية رغم تشبعها بأيون الكالسيوم ولكن لايسودها الصفات الرديئة للأراضى القلوية ولذلك ، تسمى أراضى قلوية التأثير .

ويتضح عموما من الشكل رقم (٣٢) أن الأراضى الحامضية بدرجاتها المختلفة لاتوجد على الإطلاق فى المناطق الجافة وشبه الجافة ، ولكن السائد فى هذه المناطق ومنها مصر هى الأراضى القلوية والمائلة للقلوية ، ومن النادر أن ينخفض رقم الـ pH فى

أراضينا الرسوبية النهرية بالوادى والدلتا عن ٥ر٧ ، أما الأراضى الصحراوية فإن رقم pH السائد بها أكبر من ٨ .

[?] **مثال محلول :-**

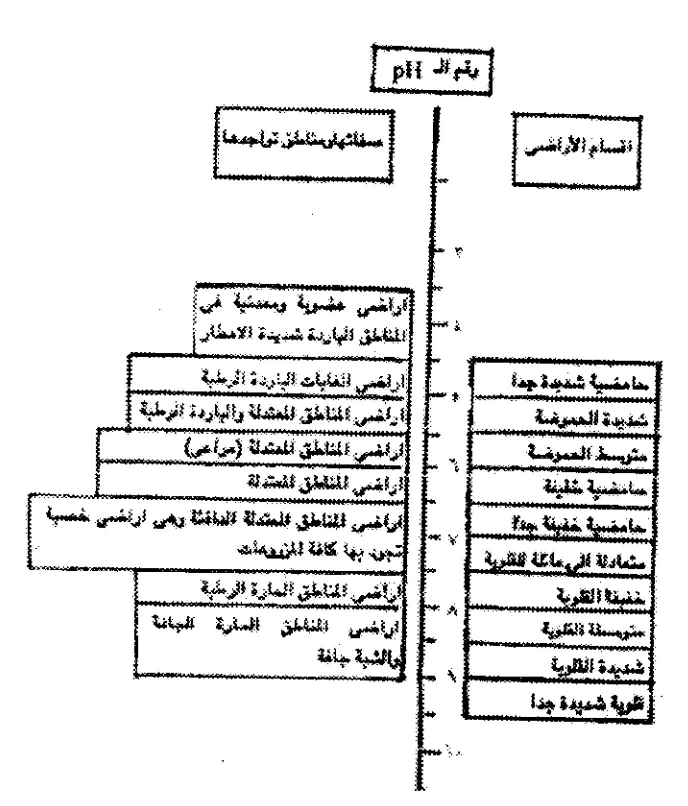
سؤال - لماذا تتواجد الأراضى الحامضية فى المناطق الرطبة غزيرة الأمطار، بينما تتواجد الأراضى المتعادلة والقلوية فى المناطق الجافة وشبه الجافة من العالم؟

الإجابة - تؤدى غزارة الأمطار فى المناطق الرطبة إلى غسيل القواعد (Na,K) والقواعد الأرضيه (Ca,Mg) سواء الذائبة منها أو المتبادلة، ويحل محلها أيون الهيدروجين على معقد التبادل، مما يؤدى إلى تكوين الأراضى الحامضية ، بينما فى المناطق الجافة وشبه الجافة يحدث تراكم لهذه القواعد وخاصة الصوديوم الذى يسود على معقد التبادل مسببا قلوية الأرض.

ويقاس رقم الـ pH فى الأرض بطريقتين هما :-

أ - الطريقة اللونية :

وفيها تستخدم أنواع مختلفة من المواد الملونة والتى يتغير لونها حسب درجة الحموضة ، وتسمى هذه المواد بالأدلة Indicators ، ولكل دليل حساسيته لنطاق محدد من درجات الحموضة كما يتضح من جدول رقم (١٧) .



شكل رقم (٣٢) :الحدود الطبيعية لمدى تغير رقم حموضة الأراضي المختلفة.

جدول رقم (١٧) :أهم الأدلة المستخدمة في قياس درجة الحموضة وتغيراتها اللونية

الدليل	نطاق درجات الحموضة	التغيرات اللونية
أخضر بروموكريزول	٣,٨ – ٥,٤	أصفر – أخضر – أزرق
أحمر كلوروفينول	٥,٢ – ٦,٦	أصفر – برتقالي – أحمر
أزرق بروموثيمول	٦,٠ – ٧,٦	أصفر – أخضر – أزرق
أحمر كريزول	٧,٢ – ٨,٨	أصفر – برتقالي – أحمر
برتقالي الميثايل	٣,١ – ٤,٤	أحمر – برتقال – أصفر
أحمر الميثايل	٤,٢ – ٦,٢	أحمر – بصلي – أصفر
فينولفثالين	٨,٠٠ – ١٠,٠٠	عديم اللون – وردي – أحمر
عباد الشمس	٥,٠٠ – ٨,٠٠	أحمر – بنفسجي – أزرق

وهناك أنواع من الادلة المركبة ذات المدى الواسع من درجات الحموضة ، والتى تغطى الأراضى المختلفة مثل الدليل المسمى بـ Universal indicator ، ويتم مقارنة اللون المتحصل عليه بشريحة تضم الألوان القياسية عند درجات الحموضة المختلفة ، ومنها يعرف رقم الـ pH بطريقة تقريبية تصل إلى ± ٥ ر. وحدة .

ب - استخدام الأجهزة الكهربائية:

وفيها يتم استخدام جهاز كهربى لقياس رقم الـ pH ويسمى pH -meter ويتم قياس فرق الجهد لأيون الهيدروجين ، بين قطبين للجهاز أحدهما : قطب زجاجى glass electrode حساس لتركيزات الهيدروجين ، والآخر قطب مرجعى يسمى بالكالوميل Calomel electrode ويظهر فرق الجهد على تدريج بواسطة مؤشر ، والتدريج مقسم إلى وحدات الحموضة من ١ - ١٤ ، وتصل دقة القياس بهذه الأجهزة إلى ± ٠٥ ر. وحدة .

٥ -٤ أهمية رقم حموضة pH الأرض Importance of Soil pH

رقم pH التربة يمكن تقديره بسهولة ويسر، وهو يمدنا بمعلومات مختلفة حول الخواص الأخرى للتربة ، فالحموضة الشديدة وكذلك القلوية الشديدة يؤديان إلى وجود عناصر بتركيزات سامة مثل الهيدروجين والألومنيوم فى الأراضى الحامضية وكربونات الصوديوم فى الأراضى القلوية ، وهذه المواد ذات تأثير سام مباشر للنبات خاصة عندما يخرج رقم الحموضة عن النطاق من ٤- ٩ .

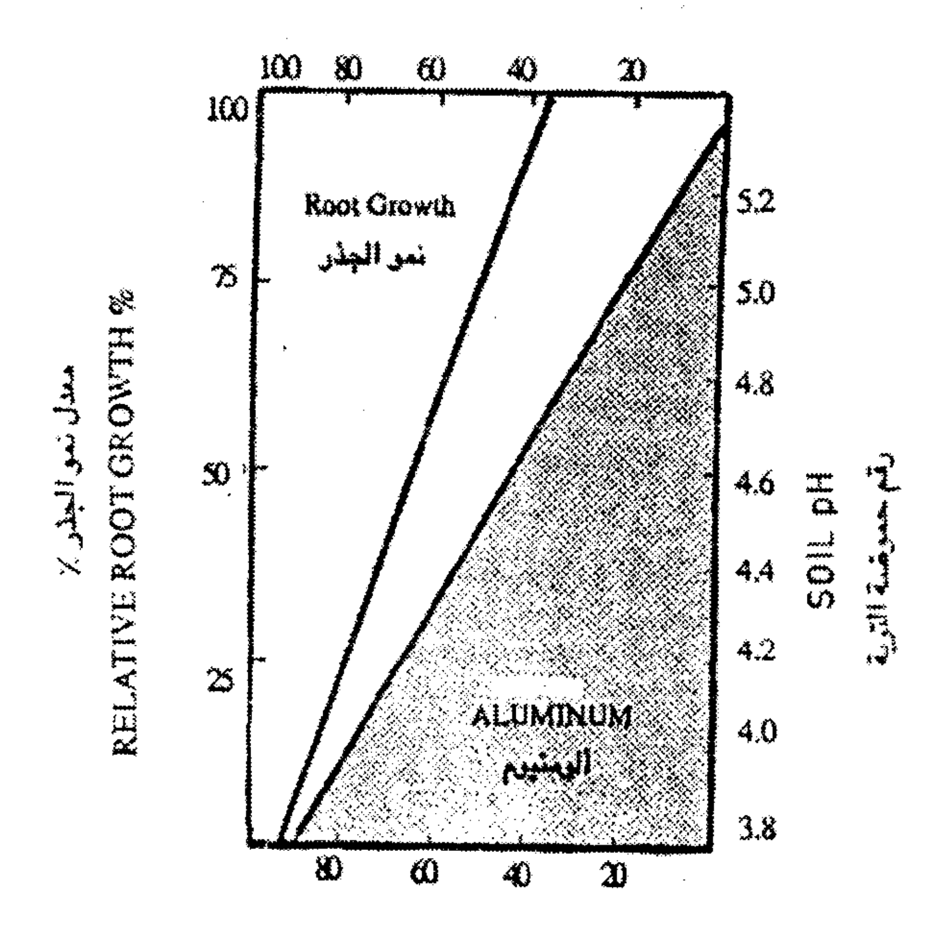
وهناك بعض النباتات التى تستطيع النمو بدرجة جيدة فى الأراضى الحامضية ومنها على سبيل المثال ، الأناناس والشاى وأشجار التوت وعديد من الأشجار الصنوبرية الخشبية رغم وجود نسبة عالية من الألومنيوم المتبادل بهذه الاراضى (شكل رقم ٣٢) . وتسبب الحموضة ايضا ذوبانا لمعظم المعادن الأرضية وزيادة ذوبان عناصرها مثل الحديد والمنجنيز والنحاس مما يؤدى أيضا إلى سمية النباتات ، وعلى العكس فالقلوية الشديدة تؤدى إلى ترسيب هذه العناصر الهامة وبالتالى يحدث نقص غذائى للنبات .

ويمكن أن يؤثر رقم الـ pH أيضا على نمو النباتات من خلال تأثيره على الميكروبات أو الكائنات الدقيقة ذات الأثر المفيد للتربة ، فبكتيريا الأرض والمثبتة للنتروجين لا يمكنها مزاولة عملها عندما ينخفض رقم الـ pH عن ٦ ، وكذلك نجد أن البكتيريا

العقدية Rhizobium ، والتى هى بكتيريا تكافلية تكون عقدا على جذور النباتات البقولية ، بحيث تحصل من النبات على المواد الكربوهيدراتية وتقوم بتثبيت النتروجين الجوى وتحويله إلى نيترات يستفيد منها النبات فى غذائه ، وهى لا تستطيع القيام بهذا الدور تحت الظروف الحامضية فى التربة .

كما وأن البكتيريا القائمة بتحليل المواد العضوية فى التربة ، والتى يكون من نتيجته انفراد النيتروجين والعناصر الغذائية الأخرى فى صورة ميسرة لاستخدام النبات يكون نشاطها محدودا بدرجة كبيرة تحت ظروف الحموضة الشديدة .

وعادة ما تقاوم الفطريات الحموضة بدرجة أكبر من الميكروبات الأخرى. أما فى الأراضى المعدنية ، فإن معظم المحاصيل الزراعية تنمو بصورة أحسن تحت ظروف حامضية خفيفة (pH = ٥ر٦) كما هو الحال فى بعض الأراضى الرملية التى تروى بمياه مخلفات الصرف الصحى ، وكذلك بعض الأراضى العضوية خفيفة الحموضة (pH = ٥ر٥).



شكل رقم ٣٣: يلاحظ انه إذا أصبحت التربة أكثر حموضة (انخفاض رقم ال pH) يكون هناك Al ذائب بكمية كبيرة ، أى ميسر لامتصاص النباتات - وكلما امتصت النباتات كمية كبيرة كلما زادت السمية ، مما يؤدى إلى قلة فى نمو الجذور (لاحظ فى الشكل معدل نمو جذور نباتات الذرة).

وتتحول الأرض إلى الحموضة ، حتى ولو كان أصل تكوينها مواد قاعدية ، نتيجة لغسيل الكاتيونات القاعدية مثل $Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+}, K^{+}$ بمياه الأمطار الغزيرة فتحل محلها أيونات الهيدروجين من مصادرها المختلفة تبعا للمعادلة التالية : -

$$\text{[حبيبة تربة]} \begin{array}{l} = Ca^{++} \\ - Na^{+} \\ - K^{+} \end{array} + 4H^{+} \longrightarrow \text{[حبيبة تربة]} \begin{array}{l} - H^{+} \\ - H^{+} \\ - H^{+} \\ - H^{+} \end{array} + Ca^{++} + Na^{+} + K^{+}$$

ويمكن معالجة حموضة الأرض عن طريق إضافة الجير (كربونات الكالسيوم) إليها فيتم التفاعل تبعا للمعادلة : -

$$\text{[حبيبة تربة]} \begin{array}{l} H^{+} \\ H^{+} \end{array} + CaCO_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow \text{[حبيبة تربة]} = Ca + 2H_2O + 2CO_2$$

وعلى العكس من ذلك ، فإن تراكم القواعد فى الأرض وخاصة الصوديوم وسيادته على مواقع التبادل لمعقد التربة يؤدى إلى قلوية الأرض التى تكون غير ملائمة لنمو النباتات أيضا وقد يصل رقم الحموضة لها الى ١٠ ، وعادة ما نجد أن النباتات النامية فى الأراضى ذات رقم الـ pH أكبر من ٩ يكون نموها محدود أو تموت كلية ، مع ملاحظة أن بعض نباتات الهالوفيتات Hallophytes قد تكون مقاومة لظروف القلوية فى الأراضى حيث إنها متأقلمة مع بيئة الأراضى الملحية والقلوية ، وتنتشر فى مصر حول البحيرات الشمالية فى مصر مثل المنزلة والبرلس وإدكو - بل إنها تستخدم للتعرف على الأراضى شديدة القلوية ومن أمثلة هذه النباتات الخريزة والطرطير .

ويرجع ارتفاع pH الأراضى القلوية إلى حدوث تحلل مائى Hydrolysis لأيونات الصوديوم المتبادل وتكون هيدروكسيد وبيكربونات الصوديوم تبعا للمعادلة :-

$$\text{[حبيبة تربة]} \begin{array}{l} - H^{+} \\ - Na^{+} \\ - Na^{+} \end{array} + (H)\,OH \rightleftharpoons \text{[حبيبة تربة]} \begin{array}{l} - H^{+} \\ - Na^{+} \\ - Na^{+} \end{array} NaOH + CO_2 \rightleftharpoons \text{[حبيبة تربة]} \begin{array}{l} - H^{+} \\ - Na^{+} \\ - Na^{+} \end{array} + NaHCO_3$$

ويؤدى ارتفاع رقم الـ pH فى الأراضى القلوية إلى حدوث نقص فى ذوبان العناصر

الغذائية الصغرى (عدا الكلورين والموليبدنيوم) ، وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الفوسفات غالبا ما تكون غير ميسرة لبعض النباتات بسبب ترسيبها من المحلول الأرضى بواسطة الكالسيوم الذائب تبعا للمعادلة التالية : -

$$2PO_4^{-3} + 3Ca^{++} \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2$$

تعريف :-

العناصر الغذائية الصغرى Micronutrients هى العناصر التى يحتاجها النبات لاستكمال دورة حياته ولكن بتركيزات منخفضة جدا ، والتى إذا زادت ، أدت إلى سمية النبات مثل عناصر الحديد والزنك والنحاس ، والمنجنيز ، البورون والموليبدنيوم، والكلورين.

كما وأن التسميد الفوسفاتى لا يجدى فى مثل هذه الأراضى القلوية ذات المحتوى المنخفض من الحديد والزنك والمنجنيز الذائب ، وذلك لترسيبها على صورة أملاح فوسفاتية غير ذائبة أو شحيحة الذوبان كما فى التفاعلات التالية : -

$$PO_4^{-3} + Fe^{+3} \longrightarrow Fe\,PO_4$$

$$2PO_4^{-3} + 3Zn^{+2} \longrightarrow Zn_3\,(PO_4)_2$$

والشكل رقم (٣٤) يبين بصورة مبسطة أثر رقم الـ pH على حالة العناصر الغذائية النباتية ومدى تيسرها تحت ظروف الحموضة والقلوية المختلفة .

ويمكن التغلب على مشكلة قلوية الأراضى عن طريق إضافة بعض المصلحات الكيميائية ؛ مثل الجبس الزراعى الذى يتفاعل مع التربة القلوية التى تحتوى على صوديوم متبادل تبعا للمعادلة : -

$$\boxed{\text{حبيبة تربة}}\begin{matrix}-Na\\-Na\end{matrix} + CaSO_4 \cdot 2H_2O \longrightarrow \boxed{\text{حبيبة تربة}} = Ca + Na_2SO_4 + 2H_2O$$

تعريف : –

الجبس الزراعى Gypsum : هو الترسيبات المعدنية للجبس ذات الرمز الكيميائى $CaSO_4 . 2H_2O$ ، حيث يطحن إلى الحد الذى يساعد على سرعة ذوبانه ويتم خلطة مع الطبقة السطحية من الأرض القلوية .

وإحلال الكالسيوم محل الصوديوم يعمل على خفض رقم pH التربة القلوية ، وبالتالى القضاء على الظروف غير المواتية لنمو النباتات .

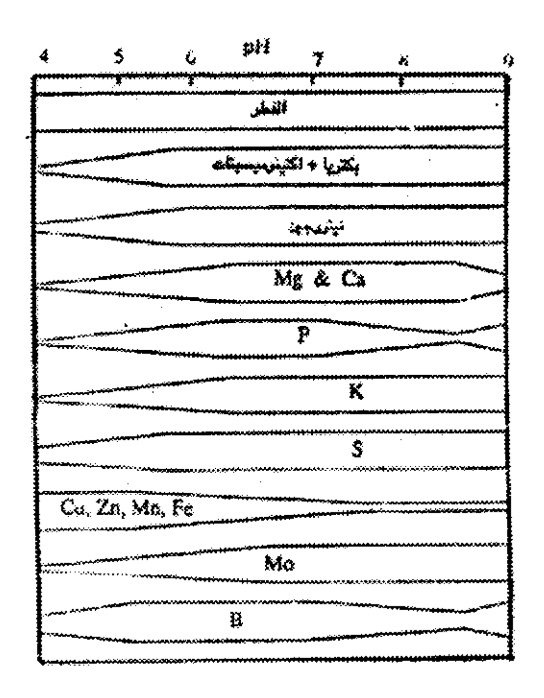
سؤال محلول :–

[?]

سؤال –: لماذا لا يجدى التسميد الفوسفاتى للأراضى القلوية ؟

الإجابة –: لا يجدى التسميد الفوسفاتى للأراضى القلوية وذلك بسبب تفاعل أيونات الفوسفات مع هيدروكسيدات الحديد فتترسب على صورة فوسفات حديد غير ذائبة أو شحيحة الذوبان طبقا للتفاعل الآتى :–

$$Ca(H_2PO_4) + 2Fe(OH)_3 \longrightarrow FePO_4 + Ca(oH)_2 + 4H_2O$$



شكل رقم (٣٤): أثر رقم الـ pH على نشاط الكائنات الحية الدقيقة فى التربة ، وكذلك مدى تيسر العناصر الغذائية للنبات ، وتتناسب درجة تيسر العنصر مع شدة التظليل وكذلك مع عرض المنطقة المظللة .

تطبيق :-

مستعينا بالشكل (٣٤) استخرج نطاق رقم الحموضة (pH) الأمثل لتيسر العناصر التالية :-

العنصر	نطاق pHالأمثل لتيسر العنصر
كبريت S	اكبر من ٦
فوسفور P	....
موليبدنيوم Mo	....
بورون B	....
نحاس Cu	....

٥ – ٥ الفعل التنظيمى للأراضى Buffering Capacity of Soils

وجد أنه عند دراسة الأراضى المختلفة من حيث رقم الـ pH ، حدوث تغيرات طفيفة فى هذا الرقم ، أو بمعنى آخر ، أن رقم الـ pH للمحلول الأرضى ثابت تقريبا ولا يتغير بسهولة ، ويسمى ذلك بالفعل التنظيمى للأرض .

تعريف : –
الفعل التنظيمى للأرض Soil buffering action هو قدرة الأرض على مقاومة التغير فى رقم حموضتها نتيجة إضافة مواد قاعدية أو حامضية إليها .

ويمكن تفسير هذه الخاصية للتربة على أساس ما سبق تعريفه من الحموضة النشطة والحموضة الكامنة والاتزان الحادث بينهما والذى يعمل على مقاومة التغير السريع فى رقم pH سواء عند إضافة مواد قاعدية أو حمضية للأرض كما يتضح مما يلى : –

أ – عند معاملة الأرض الحمضية بمحلول من الأمونيا فإن أيون الهيدروجين سيتبادل مع أيون الأمونيوم تبعا للمعادلة : –

$$\text{حبيبة تربة}\begin{cases}-H^+\\-H^+\\-H^+\end{cases} + NH_4OH \rightleftharpoons \text{حبيبة تربة}\begin{cases}-NH_4^+\\-H^+\\-H^+\end{cases} + H_2O$$

كذلك يحدث التفاعل التالى عند إضافة الجير

$$\text{حبيبة تربة}\begin{cases}-H^+\\-H^+\\-H^+\\-H^+\end{cases} + CaCO_3 \longrightarrow \text{حبيبة تربة}\begin{cases}-Ca^{++}\\-H^+\\-H^+\end{cases} + CO_2 + H_2O$$

وفى هذين التفاعلين فإن إضافة كل من سمادى الأمونيا السائلة أو الجير يؤدى إلى تغيير فى رقم الـ pH فى نطاق محدود ، وذلك نتيجة معادلة جزء من الحموضة الكامنة ، ويحدث ارتفاع طفيف فى رقم الـ pH .

ب – يحدث تفاعل تنظيمى للأرض أيضا ، عند تواجد حامض بها مثل حمض الكربونيك الذى ينتج أيونات هيدروجين تعادل جزءا من القواعد المتبادلة تبعا للتفاعل التالى :–

$$\boxed{\text{حبيبة تربة}} \begin{matrix}-Na\\=Ca\\-Na\end{matrix} + 2H_2CO_3 \longrightarrow \boxed{\text{حبيبة تربة}} \begin{matrix}-Na\\-H\\-H\\-Na\end{matrix} + Ca(HCO_3)_2$$

وفى هذه الحالة أيضا يحدث انخفاض محدود جدا فى رقم الـ pH وعلى هذا الأساس يمكن أن تحدث عدة تفاعلات بين غرويات التربة والمحاليل الحمضية والقاعدية . وكلما كانت هذه التفاعلات نشطة كلما أصبحت قدرة الأرض على التعادل أكبر وكلما أصبح من الصعب تغيير درجة حموضتها . وعندئذ يمكن القول بأن هذه الأرض ذات فعل تنظيمى عالى ، ويمكن توسيع مفهوم التنظيم ليشمل مقاومة التغير فى تركيز أى أيون فى المحلول المرتبط بالغروى ، فإذا انخفض تركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى- كأن يترسب مثلاً - فإن كمية إضافية من الكالسيوم المتبادل تترك مواقع تبادلها وتصبح ذائبة فى المحلول تبعا لقانون فعل الكتلة ، وعلى العكس من ذلك فإن إضافة كالسيوم فى حالة ذائبة للتربة يؤدى إلى أن يتحول جزء منه إلى حالة متبادلة ليظل تركيز الكالسيوم الذائب ثابتا ، وبالمثل يكون للفعل التنظيمي تأثير على التحكم فى التركيزات الذائبة لايونات كل من الصوديوم Na ، البوتاسيوم K ، المغنسيوم Mg والألومنيوم Al ، والكالسيوم Ca ، والهيدروجين H . ويزداد هذا التأثير التنظيمى بزيادة السعة التبادلية الكاتيونية للتربة والتى يتحكم فيها عدد من العوامل هى : -

١ - قوام الأرض : حيث إن الأرض الطينية تظهر فعل تنظيمى أكبر كثيرا من الأراضى الرملية الفقيرة فى الغرويات الارضية .

٢ - نسبة الدبال : - زيادته تؤدى إلى زيادة الفعل التنظيمى للأرض .

٣ - نوعية معادن الطين : - فالمعادن من نوع ٢ : ١ مثل المونتموريللونيت والفيرميكيوليت ، لها فعل تنظيمى أكبر كثيراً عن المعادن من نوع ١ : ١ مثل معدن طين الكاؤلينيت .

وبالإضافة إلى الفعل التنظيمى الراجع إلى نشاط غرويات التربة ، فإن هناك بعض المكونات الأرضية التى لها فعل تنظيمى مثل كربونات الكالسيوم والدولوميت والتى تسود فى الأراضى الجيرية والتى تكتسب مقاومة شديدة للتأثيرات الحامضية .

وللتعبير عن قوة الفعل التنظيمى للأرض يستخدم اصطلاح السعة التنظيمية للارض.

تعريف

السعة التنظيمية للأرض Soil buffering capacity يمكن استخدام طريقتين للتعبير عنها .. هما : -

أ - هى كمية الحامض أو القلوى (مقدرا بالمليمكافىء) اللازمة إضافتها إلى وزن معين من الأرض لكى يتغير رقم الـ pH لها بمقدار واحد صحيح .

ب - هي مقدار التغير فى رقم pH وزن معين من التربة نتيجة إضافة ١ سم٣ من حامض أو قلوى ذى تركيز معين .

٥ - ٦ تقدير السعة التنظيمية للأرض :

تتلخص طريقة التقدير عمليا فى قياس رقم pH التربة بإضافة كميات معينة من حمض وقلوى وأهم الطرق المستخدمة هى طريقة أرهينيوس Arhenius لسهولة إجرائها وخطواتها كالتالى : -

١ - تؤخذ ٩ دوارق مخروطية سعة كل منها ١٠٠ ملليلتر ويوضع فى كل منها ١٠ جم تربة تزاد الى ٢٠ جم فى حالة الأراضى الرملية ، ثم تعامل بكميات متزايدة من حمض الكبريتيك H_2SO_4 تركيزه ١,٠ أساسى أو الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) NaOH تركيزه ١,٠ أساسى تبعا للكميات المذكوره فى جدول رقم (١٨) .

جدول رقم (١٨) : إضافات حمض الكبريتيك والصودا الكاوية بكميات متزايدة لتقدير السعة التنظيمية للأرض

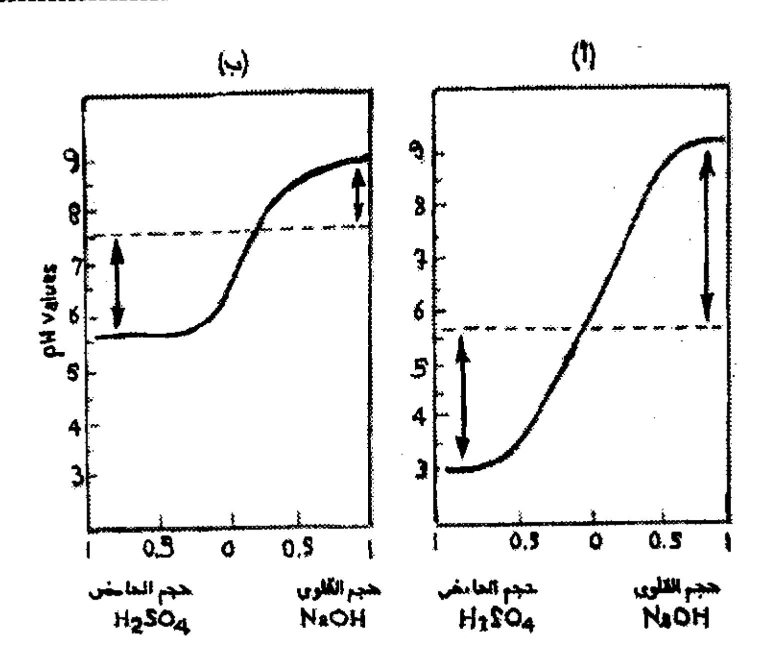
المعاملة	رقم الدورق								
	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩
حجم حمض الكبريتيك (١,٠ أساسى) بالمليمتر	–	١	٢	٥	١٠	–	–	–	–
حجم الصودا (١,٠ أساسى) بالمليمتر	–	–	–	–	–	١	٢	٥	١٠
حجم الماء المقطر المضاف بالمليمتر	٢٠*	١٩	١٨	١٥	١٠	١٩	١٨	١٥	١٠

* يلاحظ أن الدورق الأول عومل بالماء المقطر فقط ، وذلك لكى يستخدم فى المقارنة .

٢ - تسد الدوارق وترج وتترك لليوم التالى - ثم يرشح المحلول من كل دورق على حدة ويقدر رقم pH المترشح .

٣ - توضح النتائج المتحصل عليها بيانيا ، بحيث يمثل الإحداثى الرأسى أرقام الحموضة (pH) ويمثل الإحداثى الأفقى من اليمين حجم القلوى ومن اليسار حجم الحامض ، ومن الخط البيانى يمكن معرفة القدرة التنظيمية للتربة (انظر شكل رقم ٣٤) والذى يبين القدرة التنظيمية لتربة مائلة إلى الحموضة (أ) ، والقدرة التنظيمية لتربة مائلة للقلوية (ب) .

يتضح من الشكل ، أن قدرة التربة المائلة للحموضة (أ) على التنظيم ضئيلة ، لأن إضافة كل من الحامض أو القلوى قد غير رقم الـ pH بدرجة كبيرة ، فى حين نجد أن قدرة التربة المائلة للقلوية (ب) على التنظيم أكبر لأن إضافة القلوى أو الحامض لم تغير كثيرا من رقم حموضتها. ويرجع السبب فى ذلك إلى أن التربة الحامضية فقيرة فى المواد الغروية التى تقوم بعملية التنظيم نتيجة غسيلها من هذه التربة ، عكس التربة القلوية المشبعة بالقواعد لتوفر المواد المنظمة بها .



شكل رقم (٣٥) : السعة التنظيمية لأرض مائلة للحموضة (أ) وأخرى مائلة للقلوية (ب)

تطبيق :

من الشكل (٣٥) احسب السعة التنظيمية للأرض (أ) و (ب) علماً بأن قوة الحامض والقلوى ١عيارى .

نوع الأرض	السعة التنظيمية (ملليمكافئ)	
	فى الجانب الحامضى	فى الجانب القلوى
مائلة للقلوية		
مائلة للحموضة		

٥- ٧ أهمية الفعل التنظيمى للأرض :

لاشك أن للفعل التنظيمى للأرض أهمية كبيرة تتمثل فيما يلى:-

أ- ثبات رقم حموضة الأراضى، وهو من أهم عوامل الحفاظ على النشاط البيولوجى فى الأرض، فالتغيرات الحادة فى رقم الـ pH تؤدى إلى التأثير المباشر والضار للتركيزات المرتفعة من أيونات الهيدروجين والهيدروكسيل، بالإضافه إلى إذابته لبعض العناصر وزيادة تركيزاتها فى المحلول الأرضى إلى الحد الذى تصبح فيه سامة لكافة الأنشطة البيولوجية فى الارض.

ب- المساعدة على تحديد كميات المصلحات الكيميائية الواجب إضافتها إلى كل من الأراضى الحمضية أو القلوية، وكلما زادت سعة الأرض التنظيمية كلما كانت الكميات اللازم إضافتها من هذه المصلحات كبيرة سواء عند إصلاح الحموضة بإضافة الجير أو إصلاح القلوية بإضافة الجبس أو الكبريت.

٥- ٨ الفعل التنظيمى للأراضى الصحراوية :

تتميز الأراضى الصحراوية الرملية بانخفاض محتواها من الغرويات الأرضية سواء المعدنية أو العضوية ، والتى هى المكونات الرئيسية ذات القدرة التنظيمية العالية لرقم pH الأرض ، وبالتالى فإنه من الطبيعى أن تنعدم أو تقل القدرة التنظيميه لهذه الأراضى الرملية التى تسمى بالهيكلية نظراً لعدم وجود غرويات بها ، بحيث لا تكون ذات قيمة محسوسة. وتزداد القدرة التنظيمية للأراضى الصحراوية بقدر احتوائها على بعض المعادن ، مثل الكالسيت أو معادن مجموعة الكربونات عموماً، حيث تقوم هذه المعادن بمقاومة انخفاض رقم pH هذه الأراضى بكفاءة عالية ، وبالطبع يكون ذلك واضحا فى الأراضى الجيرية. أما الأراضى الطفلية الصحراوية فتتميز بقدر كبير من الفعل التنظيمى ؛ وذلك لاحتوائها على نسبة عالية من غرويات معادن الطين المختلفة، ويظهر ذلك الفعل جليا عند استخدام هذه الطفلات الاستخدام الزراعى المناسب لها.



٥-٩ ملخص الباب الخامس

* رقم الحموضة pH هو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الهيدروجين بالمول فى اللتر من المحلول ويكون تركيز أيون الهيدروجين عند التعادل = ١٠$^{-٧}$ ولذلك فرقم الحموضة عند التعادل يساوى ٧ ، وتحت أى ظرف فإن حاصل ضرب تركيز أيون الهيدروجين فى تركيز أيون الهيدروكسيل يعطى مقداراً ثابتا هو ١٠$^{-١٤}$ مول/لتر.

* عادة ما يقاس رقم pH الأرض فى عجينة التربة المشبعة بالماء كما يقاس فى معلقات مائية أو ملحية ذات نسب مختلفة بين التربة والمحلول.

* مقدار ما تساهم به الكاتيونات القاعدية كنسبة مئوية من السعة التبادلية الكاتيونية لمعقد التبادل، يسمى "نسبة التشبع الكاتيونى القاعدى" والتى بزيادتها يزداد رقم pH الأرض ، والعكس صحيح فى الأراضى الحامضية التأثير.

* تأثير المعلق Suspension effect هو زيادة رقم pH محلول التربة عن ذلك المقاس فى معلق التربة ، ويرجع ذلك إلى سلوك أيون الهيدروجين فى الطبقة الكهربائية المزدوجة وما ينتج عنه من حموضة نشطة وأخرى كامنة متبادلة.

* يتم التغلب على تأثير المعلق بوضع القطب الزجاجى مغموساً فى التربة المترسبة من المعلق بينما يوضع القطب المرجعى (الكالوميل) فى المحلول الرائق.

* تأثير التخفيف Dilution effect هو زياده أرقام الـ pH المسجلة للأرض بانخفاض تركيز الأملاح بها نتيجة التخفيف والذى يفسر أيضا ، على أساس سلوك الأيونات فى الطبقة الكهربائية المزدوجة.

* يتم التغلب على تأثير التخفيف بقياس رقم الـ pH فى عجينة أو معلق التربة باستخدام محاليل ملحية تركيزها ١ر. أساسى من كلوريد البوتاسيوم أو ١٠ر. مول من كلوريد الكالسيوم بدلاً من الماء.

* ينخفض رقم الـ pH المقاس بزيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى نظام الأرض ، وتعتبر الأراضى الجيرية أكثر الأراضى حساسية لتغيرات تركيز CO_2 بها .

* يتراوح رقم pH الأراضى، تحت الظروف الطبيعية بين ٣ر٥ الى ١٠ ، والغالبية العظمى لها رقم pH بين ٥ر٦، ٥ر٧ ، والأراضى ذات القيم الأقل من ذلك تكون حامضية، والأكبر من ذلك تكون قلوية.
* يقاس رقم الـ pH بطريقتين : أولاهما : لونية باستخدام أدلة الحموضة والتى لكل دليل منها النطاق الخاص به ، وتصل دقة القياس فيها إلى ± ٥ر٠ وحدة، وثانيتهما: باستخدام جهاز قياس رقم الحموضة pH-meter وتصل دقة قياسه± ٥٠ر وحدة .
* لرقم pH الأرض تأثير كبير على خصوبة التربة من حيث درجة تيسر العناصر بها، وكذلك يؤثر على النشاط الحيوى للكائنات الدقيقة. ومن فضل الله، أنه يمكن إصلاح الحموضة الزائدة وكذلك القلوية الشديدة .
* الفعل التنظيمى للأرض : هو قدرة الأرض على مقاومة التغير فى رقم حموضتها نتيجه إضافة مواد حمضية أو قاعدية إليها. ويقوم به غرويات التربة المعدنية والعضوية.
* السعة التنظيمية للأرض: هى كميه الحامض أو القلوى اللازم إضافتها إلى وزن معين من الأرض لكى يتغير رقم الـ pH . بمقدار وحدة واحدة، أو هى مقدار التغير فى رقم حموضة وزن معين من الأرض نتيجة إضافة كمية معينة من الحامض أو القلوى وتقدر بطريقة أرهينيوس Arhenius..
* الفعل التنظيمى للأرض مهم لثبات رقم حموضة الأرض للحفاظ على النشاط الحيوى بها، وكذلك يساعد فى حساب كميات المصلحات الكيميائية اللازمة لإصلاح الأرض الحامضية أو القلوية ، وكذلك يساعد على تقليل سمية بعض العناصر الثقيلة التى تصل إلى الأرض.
* القدرة التنظيمية للأرض الرملية تعتبر منعدمة ، وإذا وجدت فتعزى إلى تواجد كربونات الكالسيوم، ويمكن العمل على زيادتها بإضافة الغرويات المعدنية والعضوية.

٥- ١٠ أسئلة الباب الخامس

[?]

١- عرف رقم الحموضة pH . .وما هى وحدات قياسه؟

٢- ما هى تركيزات أيون الهيدروجين لمحاليل ذات أرقام pH ٧٢ر٤ ، ٥١ر٦ ، ٥٠ر٨؟

٣- ما هى الكاتيونات التى بادمصاصها على حبيبات التربة تسبب حموضة الأرض؟ وما هى المسببة للقلوية فى الأراضى؟

٤- اشرح أهمية رقم pH الأرض وأثره على حالة العناصر الغذائية بها ، وكذلك النشاط الحيوى.

٥- ما هى صورة الهيدروجين التى تقاس عند تقدير ال pH ؟ وما هو دور التبادل الأيونى فى ذلك؟ وما هو المدى الطبيعى لدرجات الحموضة المسجلة للأراضى؟

٦- عرف كلا من الحموضة النشطة والكامنة للتربة، وما هو تأثير كل منهما على رقم pH الأرض المقاسة ؟

٧- ما هى العلاقة بين نسبة التشبع بالقواعد ورقم pH الأرض؟ ارسم شكلا يوضح هذه العلاقة؟

٨- اشرح ظاهرة "تأثير المعلق" عند قياس رقم pH الأرض موضحاً أسبابها، وكذلك طرق التغلب عليها.

٩- كيف أمكن تقسيم الأراضى بناء على رقم حموضتها ؟ وضح حدود ال pH لكل قسم من أقسام الأراضى.

١٠- اشرح ظاهرة "تأثير التخفيف" عند قياس رقم pH الأرض موضحاً أسبابها، وطريقه التغلب عليها.

١١- أرض جيرية تحتوى على ٤٠٪ $CaCO_3$، احسب رقم الـ pH لها عندما تتزن مع غاز ثانى أكسيد الكربون، الذى ضغطه ١٠ر٠ ض.جـ إذا علمت أن تركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى هو ١ر٠ مول/لتر.

١٢- أرض جيرية غير ملحية، كان رقم الـ pH لها = ٧٥ر٦ تحت ضغط معين من ثانى أكسيد الكربون، وكان تركيز الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى هو ٠١ر٠ مول/لتر، احسب ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون فى هذه الأرض.

١٣- عرف الفعل التنظيمى للأرض ، ثم اذكر أسبابه وأهميته لها ؟

١٤- ما هى السعة التنظيمية للأرض؟ وكيف يمكن تقديرها معمليا؟

١٥- ما هى الاهمية التطبيقية للفعل التنظيمى للأرض؟ وضح إجابتك بالأمثلة.

١٦- ما هو الفعل التنظيمى للأراضى الصحراوية؟ وكيف يمكن تعديله؟



الباب السادس

المحلول الأرضى

Soil Solution

الأهداف :

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :

١- يعرف المفاهيم العلمية الواردة بهذا الباب بدون أخطاء .

٢- يشرح كيفية تواجد الماء فى الأرض .

٣- يستنتج أن المحلول الأرضى فى حالة اتزان مع المكونات الصلبة والأيونات المتبادلة فى الأرض .

٤- يفسر أن الماء الأرضى ، فى أغلفة الماء حول الحبيبات ، لا يكون محلولا متجانسا من الناحية الكيميائية .

٥- يحدد أهم المكونات الكيميائية للماء الأرضى وتراكزها النسبية .

٦- يذكر خصائص المحلول الأرضى .

٧- يحدد أهمية الخاصية الأسموزية للمحلول الأرضى .

٨- يفرق بين رقم pH المحلول الأرضى وعجينة التربة . مبيناً الأسباب

٩- يذكر وحدات قياس التوصيل الكهربى للمحلول الأرضى .

١٠- يقيس التوصيل الكهربى ، الضغط الأسموزى ورقم الحموضة للمحلول الأرضى ويعرف مدلولاتها .

١١- يوضح العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى .

١٢- يذكر طرق الحصول على المحلول الأرضى .

١٣- يفرق بين المحلول الأرضى والمستخلص المائي للأرض .

١٤- يستخدم نتائج تحليل المحلول الأرضى للتعرف على بعض صفات التربة .

١٥- يستخدم معرفة التركيب الكيميائي للمحلول الأرضى فى مجال خدمة الأراضى.

العناصر .

١ - مقدمة.
٢ - الطبيعة الكيميائية للمحلول الأرضى.
٣ - التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى.
٤ - خصائص المحلول الأرضى.
٥ - العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى.
٦ - طريق الحصول على المحلول الأرضى.
٧ - مدلول نتائج تحليل المحلول الأرضى.
٨ - ملخص الباب السادس.
٩ - أسئلة الباب السادس.
١٠ - نماذج للإجابة على بعض أسئلة الباب السادس.

الباب السادس
المحلول الأرضى
Soil Solution

٦-١ مقدمة:

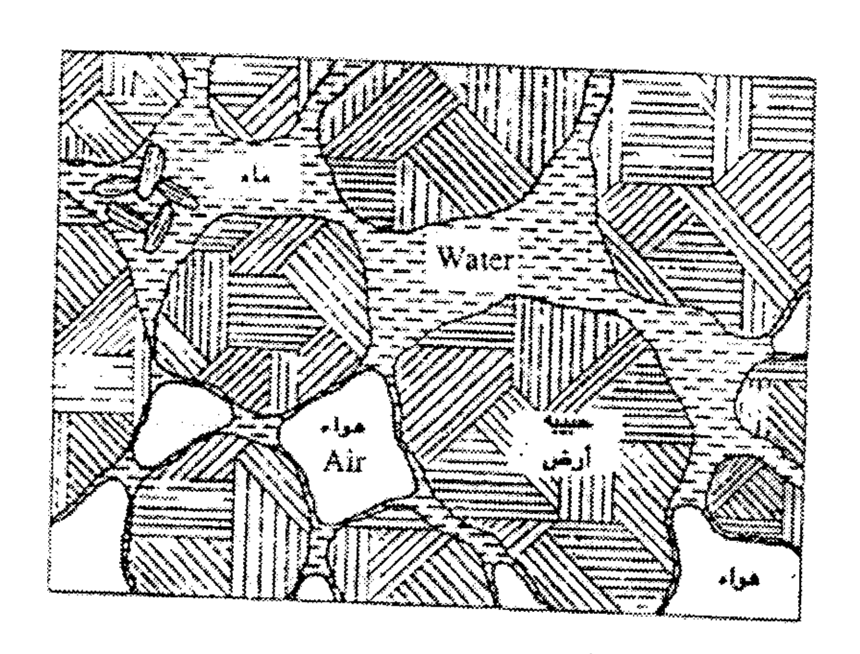
يتواجد الماء فى الأرض شاغلاً للفراغات البينية المحصورة بين حبيبات التربة، كما يوجد مغلفاً لهذه الحبيبات ومرتبطاً بها بقوى مختلفة فى الشدة، ويعزى ذلك الارتباط إلى قطبية جزيئات الماء ووجود شحنات على سطح حبيبات التربة، وتتراوح قوى الارتباط هذه بين ١٠,٠٠٠ بار إلى ٠,٣٣ بار كما يظهر فى الشكل رقم (٣٦ أ)، والقيمة ٠,٣٣ بار (السعة الحقلية) هى أقل قوة لازمة للأرض لكى تحتفظ بمائها ضد قوى الجاذبية الأرضية، والماء الممسوك بقوة أقل من هذه القيمة يتحرك إلى أسفل تحت تأثير الجاذبية الأرضية مكوناً الماء الزائد الذى يجب التخلص منه عن طريق الصرف.

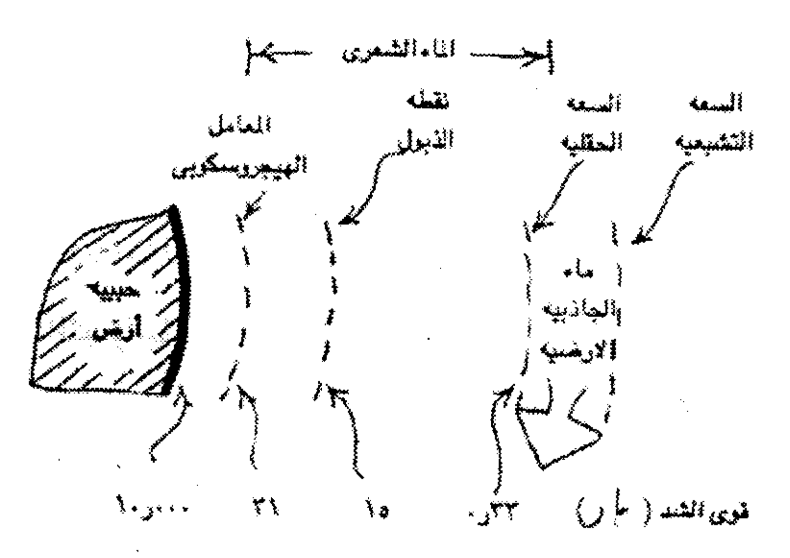
ويعتبر الماء من أهم المذيبات الطبيعية لما له من خواص كيميائية فريدة، ولذا فإن مختلف صور الماء المتواجد فى التربة هى فى الحقيقة محاليل ناتجة عن إذابة المكونات القابلة للذوبان كما أن هذه المحاليل تكون فى حالة اتزان مع الأيونات المتبادلة والتى تكون متزنة مع المعادن والمركبات شحيحة الذوبان والمكونة لحبيبات التربة، وعندئذ يطلق عليها المحلول الأرضى Soil Solution .

٦-٢ الطبيعة الكيميائية للمحلول الأرضى

Chemical Nature of Soil Solution

يمكن النظر إلى المحلول الأرضى على أنه ذلك الماء القابل للحركة فى مسام التربة، والذى يحتوى على العناصر القابلة للذوبان من المكونات الصلبة، ويمكن إيجاز التعريف الشامل له فيما يلى:-





شكل رقم (٣٦ أ) تواجد الماء الارضى فى نظام التربة والقوى المسوك بها

تعريف :-

المحلول الأرضى Soil Solution هو الماء المذاب فيه الأملاح والغازات والممسوك فى التربة بقوى ضد قوى الجاذبية الأرضية، والذى يميل لأن يكون فى حالة إتزان مع مادة الأرض الصلبة والأيونات المتبادلة عليها.

وتحت الظروف الطبيعية فإن النظام حول حبيبات المادة الصلبة لا يصل لحالة الثبات بسرعة، فهو باستمرار متغير نظراً لطبيعة الطبقة الكهربائية المزدوجة واختلاف تركيبها الكيميائى حول هذه الحبيبات، الصلبة تحتوى دائما على أكبر كمية من المواد الذائبة إذا ما قورنت بمحتوى أغلفة الماء البعيدة نسبيا عن أسطح تلك الحبيبات ، ولكن هذه الظروف فى حالة من الاتزان الديناميكى Dynamic equilibrium ، وعلى ذلك فإن هذا المحلول فى حالة تغير مستمر مما يؤدى إلى وجود مواد ذائبة أو مترسبة أو مدمصة على أسطح الحبيبات أو تنطلق من على هذه الأسطح إلى المحلول.

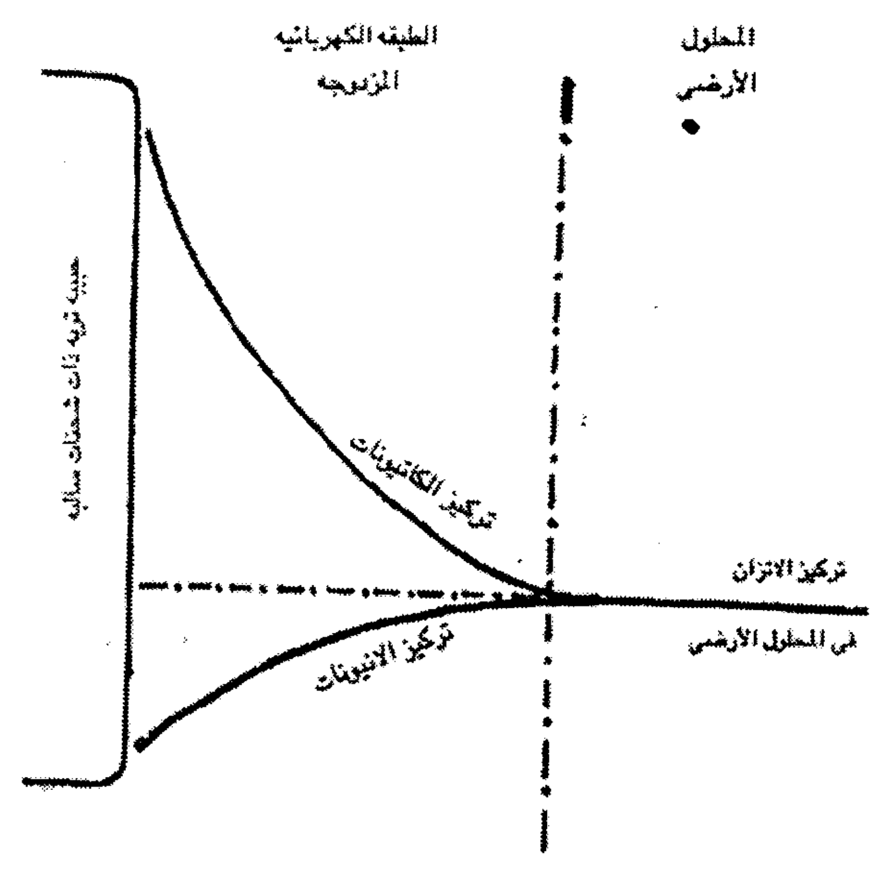
ومهما كانت الظروف المحيطة بالحبيبات ثابتة لفترة طويلة نوعاً ما فإن ذلك لا يعنى أن كل الماء المرتبط بها يكون ذا درجة تركيز واحدة لأى مكون من المكونات الذائبة، فنجد مثلاً أن أغلفة الماء القريبة من الحبيبات الصلبة تحتوي دائما على أكبر كمية من المواد الذائبة إذا ما قورنت بمحتوى أغلفة الماء البعيدة نسبيا عن أسطح تلك الحبيبات ، ويمكن التأكد من ذلك بمراجعة موضوع الطبقة الكهربائية المزدوجة، ويعبر الشكل رقم (٣٦ ب) عن تدرج تركيز الأيونات بالبعد عن سطح الحبيبة، مع ملاحظة أن كاتيونات المحلول خارج الطبقة المزدوجة تكون قابلة للتبادل وتكون فى حالة اتزان مع الكاتيونات المتبادلة.

نتيجة :-

الماء الأرضى المرتبط بالحبيبات الصلبة بقوى مختلفة لا يكون محلولاً متجانساً من حيث تركيبه الكيميائى .

وبناء على ذلك ، فإننا إذا فصلنا هذا المحلول من التربة فإننا نحصل فقط على الأيونات الذائبة فيه (أنيونات - كاتيونات) ، أما الأيونات المتبادلة (الكاتيونات) فلا نحصل عليها فى هذا المحلول المائي بالرغم من أنها قابلة لأن تستفيد منها النباتات

وتمتصها. ولو حاولنا غسيل الأيونات الحرة (الذائبة) أو تعرضت التربة للأمطار أو الرى أو امتصت هذه الأيونات بواسطة النباتات النامية، فإن حالة الاتزان الموجودة بين صور هذه الأيونات (ذائبة - متبادلة - راسبة أو غير متبادلة) تتغير تبعا لذلك حيث تنطلق أيونات مدمصة أو راسبة على صورة أملاح غير ذائبة لهذه الأيونات إلى المحلول فى صورة ذائبة لتعود حالَة الاتزان مرة أخرى، وبالتالى يتغير تركيب المحلول الأرضى عن الحالة الأولى. كما لا يمثل تركيب المحلول فى أية حالة تركيبه الواقعى والحقيقى بالحقل. ولكن يمكن أن يعطى تركيب المحلول المستخلص من التربة بعض الأسس لحساب متوسط تركيزه فى الحقل.



شكل رقم (٣٦ ب) :تركيز الكاتيونات والأنيونات فى كل من الطبقة الكهربائية المزدوجة والمحلول الأرضى

[?]

مثال محلول :-

١- اشرح دور الطبقة الكهربائية المزدوجة فى التأثير على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى؟

* هناك اتزان مستمر بين تركيز الأيونات فى الطبقة الكهربائية المزدوجة، وتركيزها فى المحلول الأرضى ، وحسب قانون فعل الكتلة فإن نقص تركيز أى أيون فى المحلول الأرضى نتيجة فقده أو ترسيبه يؤدى إلى خروج جزء منه من الحالة المتبادلة داخل الطبقة المزدوجة حتى يتم الاتزان من جديد عند تركيز يختلف عن سابقه .

٦-٣ التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى

Chemical Composition of Soil Solution

يعتبر تركيب وتركيز محلول التربة نتيجة لعدد من العمليات الحيوية والفيزيوكيميائية والكيميائية والفيزيائية ، وهى العمليات التى تحدث فى الأرض وترتبط بصورة مباشرة بدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة ودرجة التهوية فى التربة ، وكنتيجة لحالات الاتزان الديناميكى بين المكونات الصلبة والسائلة فى التربة ، فإن دراسة المحلول الأرضى فى لحظة ما لا يمكن أن تعطى فكرة كاملة عن تلك التغييرات التى تجرى بفعل الظروف

المناخية ونمو النبات والعمليات الزراعية.

ويعتبر تركيز محلول الأراضى غير الملحية قليل ولا يتعدى ١-٢ جم/لتر، بينما يكون فى الأراضى الملحية عاليا ويصل إلى عشرات الجرامات فى اللتر الواحد ، وقد تكون المواد الذائبة معدنية وعضوية معاً. وتشمل المكونات المعدنية الأملاح الذائبة أساسا، وأهم الأيونات السائدة فى المحلول الأرضى هى:-

بالنسبة للأنيونات : البيكربونات $(HCO_3)^-$ ، النيترات $(NO_3)^-$ والنيتريت $(NO_2)^-$ ، والكلوريد $(Cl)^-$ والكبريتات $(SO_4)^=$ والفوسفات $(PO_4)^{\equiv}$.

بالنسبة للكاتيونات : الكالسيوم Ca^{++} ، والمغنسيوم Mg^{++}، والصوديوم Na^+ والبوتاسيوم K^+ ، والأمونيوم NH_4^+ ، والهيدروجين H^+ ، بالإضافه إلى بعض الكاتيونات الأخرى مثل المنجنيز Mn^{++} ، الحديدوز Fe^{++} ، النحاس Cu^{++} وغيرها من العناصر النادرة والتى تتواجد فى المحلول الأرضى بتركيزات ضئيلة جدا ، مقارنة بالكاتيونات السابقة.

ويختلف تركيز هذه الأيونات فى المحلول الأرضى تبعا لدرجة ذوبان مركباتها ، فمثلا أملاح البيكربونات والكلوريدات، والنترات عالية الذوبان ينتج عنها تركيزات عالية من الأيونات، بينما املاح الكبريتات والفوسفات - وخاصة بالنسبة للكاتيونات العديدة التكافؤ- فتكون شحيحة الذوبان، مما يؤدى إلى انخفاض تركيزاتها من أنيونات الكبريتات والفوسفات فى المحلول الأرضى.

نتيجه :-

تركيز أنيونات الكلوريدات والبيكربونات والنترات فى المحلول الأرضى يعبر بدرجة كبيرة عن المحتوى الكلى منها فى الأرض ، بينما التركيزات الذائبة من الفوسفات والكبريتات فلا تعبر عن محتواها الكلى فى الأرض.

أما بالنسبة لتركيز الكاتيونات فى المحلول الأرضى فيسود الصوديوم والمغنسيوم فى الأراضى الملحية وقد تصل إلى تركيزات كبيرة مقارنة بتلك من الكالسيوم والبوتاسيوم، ويتغير تركيب المحلول الأرضى فى الأراضى الخصبة حيث يقل تركيز الصوديوم والمغنسيوم ويسود الكالسيوم.

وبالإضافة إلى المواد المعدنية ، فهناك بعض المركبات العضوية الذائبة فى المحلول الأرضى ومن أهمها ، الأحماض العضوية التى تنتج من تحلل المادة العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، وكذلك من إفرازات الجذور النباتية الحية وأمثلة هذه الأحماض حمض الأكساليك والستريك والفيوماريك بالإضافة إلى بعض الأحماض الطيارة مثل حمض الفورميك ، والتى غالبا ما تتحد مع كاتيونات العناصر المختلفة مكونة مركبات معقدة ذائبة، ويزداد تركيز المكونات العضوية فى المحلول الأرضى للأراضى الغدقة ذات التهوية الرديئة، بالإضافة إلى ذلك فإنه فى الأراضى القلوية الصودية يتحول حمض الهيوميك بها إلى مركب هيومات الصوديوم الذائب ويزداد تركيزها فى المحلول الأرضى.

٦-٤ خصائص المحلول الأرضى :

يتميز المحلول الأرضى بعدة خصائص كيميائية نوجزها فيما يلى :-

أ- الضغط الاسموزى Osmotic pressure

الضغط الأسموزى لمحلول التربة يعتمد على تركيز ودرجة تحلل المواد الذائبة فيه.

تعريف:-

الضغط الأسموزى لمحلول ما Osmotic pressure هو الضغط الناشىء فى المحلول عند فصله عن الماء النقى بغشاء عديم المرونة ومنفذ للماء فقط، وهو يساوى الضغط اللازم تأثيره على سطح المحلول لمنع زيادة حجمه بدخول الماء إليه. والمحلول الذى تركيزه مول/لتر ينتج عنه ضغط أسموزى قدره ٢٢٫٤ ض.ج .

ويكون الضغط الأسموزى لمحلول الأرض الملحية مرتفعا ، وخاصة فى الأراضى الطينية ذات النشاط العالى فى تفاعلات النشاط الأيونى ، وذلك عند مقارنتها بالأرض غير الملحيه، علاوة على أن زيادة نسبة الرطوبة فى الأرض يصاحبها انخفاض فى الضغط الأسموزى.

وترجع أهمية الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى إلى إمكانية امتصاص النبات للماء ، والذى يتوقف عندما يزداد الضغط الأسموزى للمحلول الأرضى عن ذلك للعصير الخلوى لجذور النبات.

ب- رقم pH المحلول الأرضى :

عند قياس رقم pH المحلول الأرضى ، منفصلاً عن حبيبات التربة، نحصل على أرقام عالية عن تلك المقاسة فى عجينة التربة ، وهو ما سبق شرحه فى ظاهرة "تأثير المعلق"، والمحلول الأرضى فى حد ذاته ليس له فعل تنظيمى ؛ وذلك لغياب الغرويات الارضية.

جـ - التوصيل الكهربى للمحلول الأرضى :

نظراً لأن المحلول الأرضى محلول اليكتروليتى فى معظمه ، فإنه يعتبر موصلاً للتيار الكهربى ويزداد معامل التوصيل الكهربى بزيادة التركيز الأليكتروليتى للمحلول الأرضى.

تعريف:-

* التوصيل الكهربى Electrical conductance

التوصيل الكهربى لمادة (W) هو مقلوب المقاومة الكهربائية (R) أى أن :-



$$W = \frac{1}{R}$$

والمعروف أن وحدة قياس المقاومة هى الأوم Ohm . أما وحدة قياس التوصيل الكهربى فتسمى الموز mhos (أى مقلوب الاوم) ، ويعتمد التوصيل الكهربى لأى مادة على طول الجسم الموصل (L) ومساحة مقطعه (S) ومعامل التوصيل النوعى (x) تبعا للمعادلة التالية :-

$$W = X \frac{S}{L}$$

وحديثا ، فإن وحدة قياس التوصيل يطلق عليها سيمنز (S) ، وفى مجال الأراضى فإن الوحدة المستخدمة هى

الملليموز/سم وهى تساوى $\frac{١}{١٠٠٠}$ من الموز Cm = ديسى سيمنز/متر

Millimhos / Cm = 1/1000 Mhos = dS/m

*المحلول الأليكتروليتى Electrolytic Solution

هو محلول الأملاح التى عند ذوبانها فى الماء تتأين بدرجة كبيرة ، وتعمل هذه الأيونات على حمل الألكترونات عند إمرار تيار كهربى فيسرى التيار خلال المحلول.

وتستخدم هذه الخاصية فى تقدير تركيز الأملاح الذائبة فى الأرض عن طريق قياس درجة التوصيل الكهربى للمحلول الأرضى باستخدام جهاز التوصيل الكهربى Conductivity meter ، وهى خاصية هامة لتمييز الأراضى الملحية ، والتى لها درجة توصيل كهربى اكبر من ٤ ديسى سيمنز/متر.

ويمكن عن طريق معرفة قيمة التوصيل الكهربى .Electrical conductivity (EC) للمحلول الأرضى حساب تركيز الأملاح بواسطة العلاقات الآتية:-

تركيز الأملاح (ملليمكافىء/لتر) = التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز/متر) x ١٠

تركيز الأملاح (جزء فى المليون) = التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز/متر) x ٦٤٠)

تركيز الأملاح (جرام/لتر) = التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز/متر x ٦٤ر٠)

الضغط الأسموزى للمحلول = التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز/متر) x ٣٦ر٠)

مثال :-

محلول أرضى، قيمة التوصيل الكهربى له ٥ر٢ ديسى سيمنز/ متر، وهذا معناه أن تركيز الأملاح بهذا المحلول يعادل ٢٥ ملليمكافىء/لتر أ. ١٦٠٠ جزء فى المليون (ملليجرام/لتر) أو ٦ر١ جرام/لتر وله ضغط أسموزى يساوى ٩ر٠ ض.ج.

٦- ٥ العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى:

يتوقف تركيب وتركيز الأيونات فى محلول الأرض على عدة عوامل أهمها :-

أ- نوع الأرض :- حيث يزداد تركيز الأملاح فى محلول الأرض الملحية ، ويزداد تركيز العناصر الغذائية فى محلول الأرض الخصبة ، كما يسود أيون البيكربونات فى محلول الأرض الجيرية ، خاصة عند زيادة ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون.

ب- زمن اتزان المحلول :- يزداد تركيز المحلول الأرضى بزيادة زمن اتزانه مع المكونات الصلبة.

جـ - نسبة الرطوبة فى الأرض:- يقل تركيز الأملاح سريعة الذوبان فى المحلول الأرضى بزيادة نسبه الماء إلى التربة ، بينما يظل تركيز الأملاح والمركبات شحيحة الذوبان . ثابتا ومحدود التغير - ويتبع ذلك أيضا ، انخفاض فى كمية الكاتيونات المتبادلة فى التربة (انظر شكل٣٧ A)

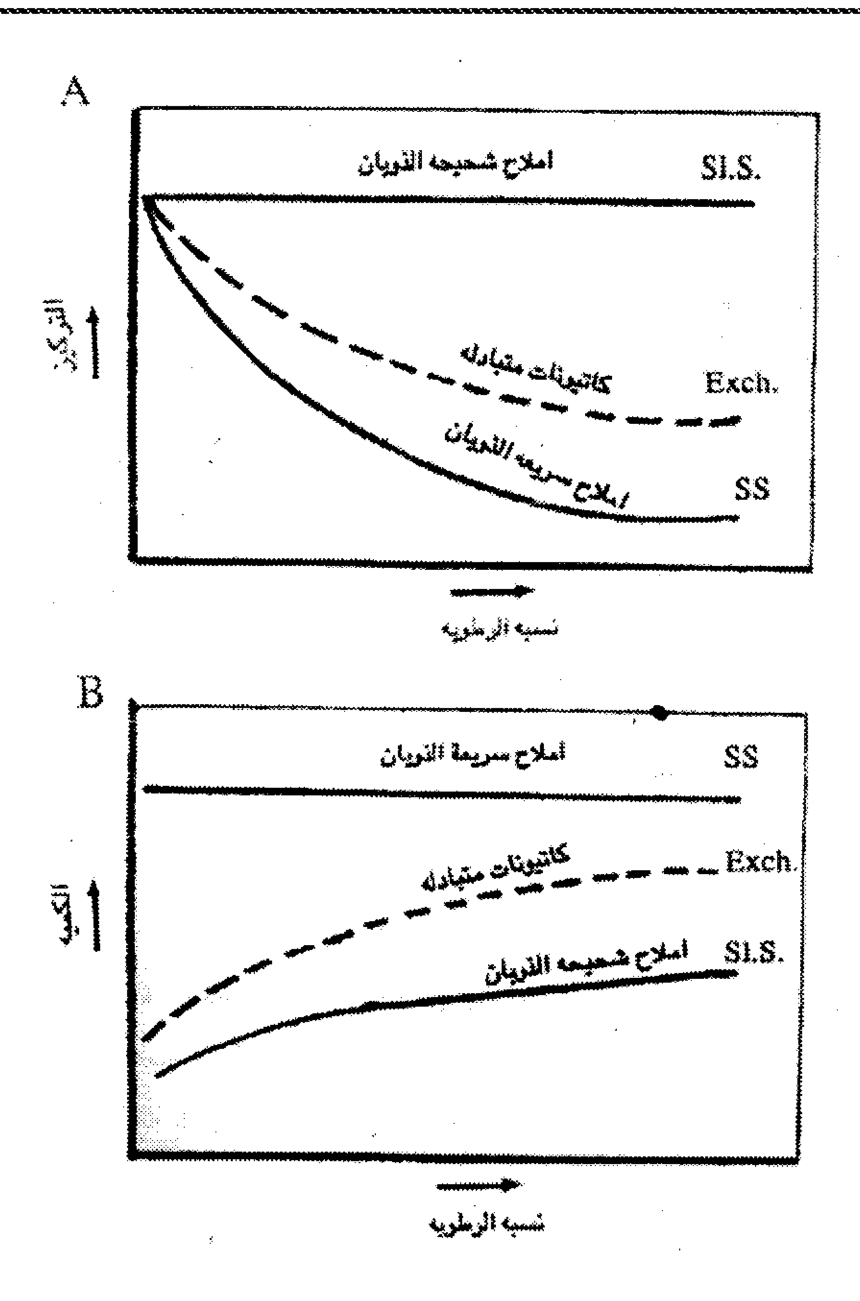
ومن ناحية أخرى ، فإنه بزيادة نسبة الماء إلى التربة فإن الكمية الذائبة من الأملاح سريعة الذوبان تظل ثابتة ، بينما تزداد الكميات الذائبة من كل من الأملاح شحيحة الذوبان وكذلك الكاتيونات المتبادلة (شكل ٣٧ B).

سؤال محلول :

?

سؤال – يظل تركيز أيونات الكبريتات في محلول الأراضى الجبسية" ثابتاً. ما سبب ذلك؟

الإجابة – الجبس من المعادن المتوسطة الذوبان ويبلغ مقدار ذوبانه ٩ر١ جم/لتر ، كما تزداد درجه ذوبانه في وجود الأملاح الأخرى، وعلى ذلك فإنه عند إضافة أى كمية من الماء إلى الأرض الجبسية، فإنها تذيب كمية من الجبس تكفى لتشبع هذا المقدار من الماء والوصول به إلى التركيز الثابت من أيون الكبريتات والذى يبلغ ١٧ ملليمكافىء/لتر تقريبا.



شكل رقم (٣٧): أثر نسبة الرطوبة على تركيز وكمية الأملاح والكاتيونات فى المحلول الأرضى

٦-٦ طرق الحصول على المحلول الارضى :

توجد عدة طرق لاستخلاص المحلول الأرضى نذكر منها ما يلى:-

أ- طريقة العصر Squeeze method

وفيها يتم استخلاص محلول التربة بواسطة العصر باستخدام مكبس (شكل رقم ٣٨) يولد ضغطا يصل إلى ٢٠ر٠٠٠ كجم/سم^{٢}، وكلما كان محتوى الرطوبة أقل أو كانت التربة ذات قوة مسك كبيرة للمحلول كلما كان الضغط اللازم للاستخلاص أكبر، والعكس صحيح.

ب- طريقة وعاء الضغط Pressure membrane method

إذا كانت التربة تحتوى على نسبة رطوبة قريبة من السعة الحقلية ، فيمكن استخلاص المحلول الأرضى عن طريق تعريض عينة من الأرض لضغط على أغشية من النايلون أو السليلوز ذات مسام ضيقة داخل إناء من الصلب، وتكون قوة الضغط المستخدمة فى هذه الحالة حوالى ١٥ ض.جـ ، وهى كافية لاستخلاص المحلول الأرضى حتى نقطة الذبول، ويتم الحصول على هذا الضغط عن طريق دفع غاز تحت ضغط شديد داخل الإناء وتركه فترة من الزمن يتم خلالها استقبال المحلول المستخلص من خلال فتحات خاصة.

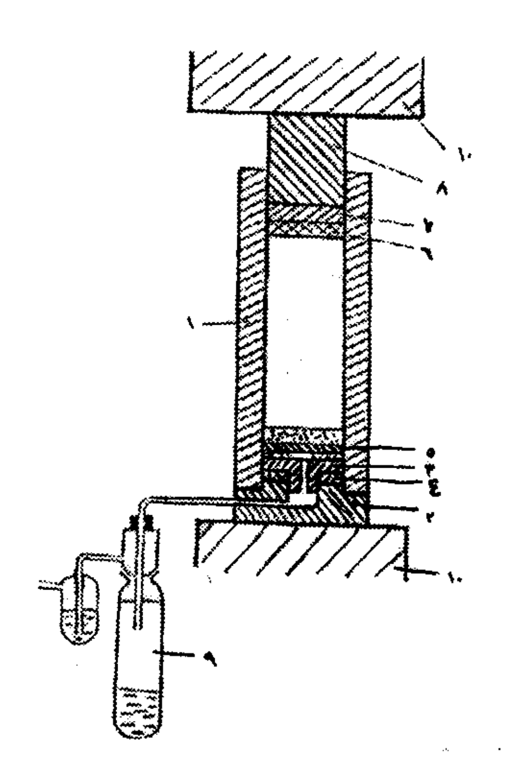
وتعتبر هاتان الطريقتان (أ،ب) من أفضل الطرق فى الاستخلاص حيث إنهما لا تسببان تغييرا فى التركيب الكيميائى للمحلول ويكون مماثلا لحقيقته تقريبا.ويعيب هاتين الطريقتين أن كمية المحلول المتحصل عليها بواسطتهما تكون محدودة وغير كافية للتحاليل، وبالتالى لابد من أخذ كميات كبيرة من التربة، كما أنها تحتاج إلى أجهزة خاصة قد لا تتوافر بالمعمل.

جـ - طريقة الإزاحة : Displacement method

وهى أنسب طريقة للحصول على محلول يماثل تقريبا المحلول الأصلى أو الفعلى بشرط أخذ إحتياطات معينة باستخدام الانخفاض فى درجة التجمد، أو التأكد من عدم تغير تركيز المحلول الراشح عن طريق قياس درجة التوصيل الكهربى له.

وتتلخص الطريقة فى كبس حبيبات التربة الرطبة ، بطريقة ما ، لكى تكون منضغطة حتى يتحرك سائل الإزاحة كوحدة واحدة فى أنبوبة لها فتحة سفلية ، ثم يضاف

سائل الإزاحة من أعلى فيعمل ذلك على خلق ثقل يؤدى إلى إزاحة ماء التربة بانتظام ودون أن يختلط به سائل الإزاحة، ثم يجمع المحلول المزاح الراشح من أسفل لتحليله. ويستخدم لذلك محاليل إزاحة أهمها الكحول والماء، ولكن ثبت أن الماء أفضل بشرط أن يكون مذابا به صبغة عضوية معينة ذات لون مثل صبغة الكارمين Carmine أو عناصر مشعة بغرض تسهيل معرفة تقدم عملية الإزاحة أو الاختلاط أو انتهاء عملية الاستخلاص.



شكل رقم (٣٨): جهاز لاستخلاص محلول التربة عند ضغط قدره ١٠٠٠ كجم \سم٢

١- اسطوانة ٢- مسند ٣- قاعدة الاسطوانة ٤و٥ - وسادات مطاطية ٦- شبكة ٧- بطانة من الفايبر ٨- مكبس أو ضاغط ٩- مستقبل ١٠- قاعدة المكبس أو الضاغط .

د - طريقة المستخلصات : Extractants method

وذلك عن طريق معاملة التربة بكميات مختلفة أو بنسب مختلفة من الماء مثل مستخلصات العجينة المشبعة paste ، ١:١، ١:٥، ١:١٠ ... إلخ [لاحظ تأثير التخفيف Dilution effect على مكونات المحلول (شكل ٣٧ A, B) أى على الأملاح الذائبة SS مثل أيونات النترات والكلوريد، الأملاح الشحيحة الذوبان SI.S مثل الكبريتات والفوسفات والكاتيونات المتبادلة Exch. Cations] ، ثم توضع العجينة على قرص مسامى به ورقة ترشيح مثل قمع بخنر Buchner، وتعرض لتفريغ كافى للحصول على المحلول لتحليله كيميائيا ويمكن الوصول إلى قوة تفريغ حوالى ١/٣ ض.ج. وتعتبر طريقة مستخلص العجينة المشبعة Saturation Extract أفضل من نسب التخفيف الأعلى من ذلك، لقلة المظاهر الاعتراضية التى تؤدى إلى الحصول على قيم غير حقيقية figures unrealistic ، كما أن لها نتائج ارتباطية بعمل النبات.

مما سبق ، يتضح أن المستخلص المائى يختلف كثيراً عن المحلول الأرضى سواء من حيث تركيز أحد المكونات أو التركيز الكلى للمحلول ، ومعاملة التربة بالماء بهذه الطريقة يمكن أن تسبب بعض التأثيرات غير الطبيعية مثل :-

أ- الذوبان :- حيث إن زيادة الماء المستخدم فى الاستخلاص يؤدى إلى إذابة كميات كبيرة من الاملاح، وخاصة الشحيحة الذوبان، بطريقه لا توجد تحت الظروف الطبيعية.

ب- التحلل المائى :- يزداد التحلل المائى للأيونات المستخلصة بزياده نسبة الماء إلى الأرض، وهذا يفسر أيضا ظاهرة "تأثير التخفيف" مما يؤدى إلى رفع رقم حموضة المستخلص عنه فى المحلول الأرضى.

خلاصة :-

المستخلص المائى للأرض Water extract يختلف عن المحلول الأرضى ولا يعطى فكرة حقيقية عن تلك المركبات التى يرتبط ذوبانها بالضغط الغازى (مثل أيون البيكربونات) أو بظروف الأكسدة والاختزال (مثل الحديد)، إلا أن طريقة المستخلص المائى يمكن أن تكون مناسبة فى التعرف على محتوى الأرض من الأملاح السريعة الذوبان وبعض من الأملاح متوسطة الذوبان.

٦-٧ مدلول نتائج تحليل المحلول الأرضى :

١- معرفة تركيز وطبيعة المكونات الذائبة التى تفيد فى إعطاء صورة عن مدى صلاحية العناصر الغذائية فى تربة ما ومستوى الملوحة بها، كما تفيد كذلك فى تقديرات السعة التبادلية والكاتيونات المتبادلة.

٢- تعبر عن طبيعة العمليات الحيوية والكيماوية التى حدثت بالتربة حتى وقت استخلاص محلولها؛ لأنها من المحتمل ألا تعبر عما يحدث لهذه العمليات مستقبلا.

٣- تعطى - عادة- فكرة عن مدى خصوبة التربة وكذلك عن مدى إجهاد التربة بالزراعة من عدمه.

٤- يمكن بواسطتها معرفة نسب بعض المكونات أو الأيونات الغذائية بالنسبة لبعضها، مما يفيد فى وضع خطة تسميدية فى تربة ما لمحصول ما.

وعموما لابد من الحصول على معلومات معينة لكى يمكن الاستفادة من نتائج تحليل محلول التربة، وهذه المعلومات يمكن سردها فيما يلى :-

أ- حالة التربة فى الماضى القريب وطريقة الرى ونوع هذه المياه.

ب- أنواع المحاصيل التى تزرع بها وكمية المحصول الناتج.

جـ - الفترة التى تلت عقب حصد آخر محصول قبل التحصل على محلول التربة.

د- نوع وكمية السماد العضوى وكذلك الأسمدة الكيماوية التى تضاف لهذه التربة.

هـ - طبيعة المكون الصلب فى التربة.

و- القدرة الحيوية لهذه التربة.... إلخ ، من المعلومات التى تفيد فى هذا الموضوع والمتيسر الحصول عليها.

سؤال محلول ?

سؤال - كيف يمكن الحكم على ملوحة التربة من خلال المستخلص المائى للأرض ؟

الإجابة - الأرض الملحية Saline Soil هي التى تكون قيمة التوصيل الكهربى Ec- value لمستخلص العجينة المشبعة لها Paste extract أكبر من ٤ ديسى سيمنز / متر .

٦- ٨ ملخص الباب السادس

* المحلول الأرضى هو الماء المذاب فيه الأملاح والغازات، والممسوك فى التربة ضد قوى الجاذبية الارضية ، وهو فى حالة اتزان ديناميكى مع المكونات الصلبة للأرض.

* يختلف التركيب الكيميائى للأغلفة المائية الممسوكة بقوى مختلفة حول الحبيبة، حيث يكون تركيز الكاتيونات أعلى ما يمكن عند السطح ثم ينخفض بالبعد عن سطح الحبيبة، بينما يزداد تركيز الأنيونات .

* الأنيونات الشائعة التواجد فى المحلول الأرضى، هى البيكربونات والنترات والكلوريدات ، وهى سهلة الذوبان ، ولذا تتواجد بتركيزات مرتفعة نسبيا عند مقارنتها بتلك الخاصة بأنيونات الكبريتات والفوسفات.

* الكاتيونات الشائعة التواجد فى المحلول الأرضى هى الصوديوم والمغنسيوم، خاصة فى الأراضى الملحية، يليها الكالسيوم ثم البوتاسيوم.

* تتواجد بعض المركبات العضوية ذائبة فى المحلول الأرضى، وخاصة للأراضى الغدقة ذات التهويه الرديئة .

* يتميز المحلول الأرضى بعدة خصائص أهمها الضغط الأسموزى ، رقم الـ pH بالإضافه إلى التوصيل الكهربى الذى يقدر بوحدات ديسى سيمنز/متر .

* يتوقف تركيب وتركيز الأيونات فى المحلول الأرضى على عدد من العوامل منها : نوع الأرض - زمن اتزان المحلول مع المواد الصلبة، نسبة الرطوبة فى الأرض.

* توجد عدة طرق للحصول على المحلول الأرضى منها :- العصر والضغط والإزاحة والمستخلص المائى .

* يختلف المستخلص المائى اختلافاً كبيراً عن المحلول الأرضى ولا يعبر عنه، بسبب حدوث تأثيرات غير طبيعية فى الذوبان والتحلل المائى للمكونات القابلة للذوبان.

* من دراسة نتائج تحليل المحلول الأرضى، يمكن تكوين صورة واضحة عن العناصر الغذائية الميسرة، كذلك معرفة طبيعة العمليات الكيميائية والبيوكيميائية التى تحدث بالتربة ، مما يفيد فى وضع برامج الخدمة المناسبة من حيث التحسين والرى والتسميد ... إلخ.

٦- ٩ أسئلة الباب السادس

١- ما هى صور الماء الأرضى؟ وهل تعتبر كلها جزءاً فعالا فى تكوين المحلول الأرضى؟

٢- "المحلول الأرضى فى حالة اتزان ديناميكى مع المكونات الصلبة فى التربه" اشرح هذه العبارة .

٣- كيف تفسر أن الماء الأرضى ، فى أغلفة الماء حول الحبيبات ، لا يكون محلولا متجانسا من الناحية الكيميائية ؟

٤- ما هى أهم المكونات الكيميائية للمحلول الأرضى وتراكيزها النسبية ؟

٥- ما أهميه الخاصية الأسموزية للمحلول الأرضى؟

٦- ما هى الفروق الأساسية بين رقم pH المحلول الأرضى وعجينة التربة ؟ مبيناً الأسباب.

٧- عرف التوصيل الكهربى للمحلول الأرضى، ووحدات قياسه، ثم اذكر أهميته فى تمييز أنواع الأراضى.

٨- اشرح العوامل المؤثرة على التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى .

٩- اذكر أهم طرق الحصول على المحلول الأرضى.

١٠- بمعرفة التركيب الكيميائى للمحلول الأرضى، يمكننا الاستدلال على بعض صفات التربة .. اشرح كيف يمكن ذلك؟

١١- علل لما يأتى :-

أ- عدم تجانس التركيب الكيميائى للأغلفة المائية حول حبيبات التربة.

ب- وجود بعض الأيونات بتركيزات مرتفعة فى المحلول الأرضى بينما تكون الأخرى منخفضة التركيز.

جـ - يعبر تركيز الكلوريد فى المحلول الأرضى عن محتواه الكلى فى الأرض، بينما لا يعبر تركيز الفوسفات فى المحلول على محتواها الكلى.

د- زيادة تركيز المركبات العضوية الذائبة في محلول الأراضي الغدقة.

هـ - المحلول الأرضى ليس له فعل تنظيمى يذكر.

و- اختلاف المستخلص المائى عن المحلول الأرضى.

١٢- أكمل مايأتى :-

أ- الماء الأرضى المرتبط .... بقوى مختلفة، لا يكون محلولاً متجانساً من حيث......

ب- الأنيونات سريعة الذوبان فى المحلول الأرضى هى ....، ....، .... بينما القليلة الذوبان هى .... ، ... ولا تعبر الأخيرة عن ... فى الأرض.

جـ- يرتفع تركيز كل من كاتيونات ... ، ... فى محلول الأراضى الملحية مما يؤدى إلى ارتفاع قيمة .... بها.

د- التوصيل الكهربى هو مقلوب .... ويتناسب طردياً مع ....،.... وعكسيا مع ...

هـ- يستخدم جهاز ..... فى قياس تركيز الأملاح فى المحلول الأرضى.

و- يقل تركيز الأملاح .... الذوبان فى المحلول الأرضى بزيادة نسبة .... بينما تركيز الأملاح .... ثابتا ومحدود التغيير.

ز- زيادة نسبة الماء إلى الأرض تؤدى إلى أن تركيز الأملاح السريعة الذوبان ... بينما تزداد الكميات الذائبة من الأملاح ...

ح- المحلول الأرضى الحقيقى يمكن الحصول عليه بطرق ... ، ....، ...

ط- يمكن استخدام المستخلص المائى فى التعرف على محتوى الأرض من ......

...........، ....، ....

القسم الخامس

الباب السابع : الخصائص المعدنية والكيميائية للأراضى الصحراوية



الباب السابع
الخصائص المعدنية والكيميائية للأراضى الصحراوية
Mineralogical and Chemical Properties of Desert Soils

الأهداف :

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :

١ - يُعَرِّف جميع المفاهيم العلمية الواردة فى الباب بدون أخطاء .

٢ - يعبر بالمعادلات الكيميائية عن التفاعلات المختلفة الواردة بالباب بدون أخطاء.

٣ - يصنف الأراضى الصحراوية . (يحدد أنواعها).

٤ - يوضح كيف تتكون الأراضى الرملية، محدداً أماكن تواجدها فى مصر.

٥ - يحدد الخواص الكيميائية للأراضى الرملية.

٦ - يذكر المحددات الكيميائية للإنتاج الزراعى فى الأراضى الرملية.

٧ - يضع برنامجاً لتعديل الخواص الكيميائية للأراضى الرملية.

٨ - يوضح التركيب الكيميائى والمعدنى للأراضى الرملية.

٩ - يحدد المشاكل الكيميائية فى الأراضى الجيرية .

١٠- يستنتج العلاقة بين التركيب المعدنى والخواص الكيميائية للأرض.

١١- يفسر ظاهرة الاصفرار التى تظهر على المحاصيل المزروعة فى الأراضى الجيرية.

١٢- يقدر معملياً نسبة الكربونات النشطة فى الأراضى الجيرية.

١٣- يحدد أماكن تواجد الكربونات النشطة فى الأراضى المصرية والحد الحرج لها .

١٤- يشرح معنى (الفعل اللاحم للكربونات)

١٥- يذكر أثر تواجد معدن طين الأتابولچيت فى الأراضى الجيرية على خواصها الكيميائية والفيزيائية.

١٦- يحدد كيفية التغلب على مشكلة التقشر السطحى فى الأراضى الجيرية.

١٧- يوضح أثر ضغط ثانى أكسيد الكربون على رقمpH الأراضى الجيرية.

١٨- يشرح كيفية عمل كربونات الكالسيوم على ترسيب مركبات الحديد فى الأراضى الجيرية.

١٩- يضع برنامجاً للخدمة الكيميائية فى الأراضى الجيرية.

٢٠- يفسر استخدام الأسمدة الورقية فى مزارع الأراضى الجيرية.

٢١- يذكر أهم صفات الطفلة .

٢٢- يوضح كيفية استخدام الرواسب الطفلية فى تحسين الخواص الكيميائية للأراضى الصحراوية.

العناصر :

١- الأراضى الصحراوية - تعريفها - تصنيفها.

٢ - الأراضى الرملية الصحراوية .

- الخواص الكيميائية للأراضى الرملية.
- النقاط الواجب مراعاتها عند استغلال الأراضى الرملية من وجهة نظر خواصها الكيميائية والخصوبية .

٣ - الأراضى الجيرية.

- تعريف .
- التركيب المعدنى للأراضى الجيرية.
- الخواص الكيميائية للأراضى الجيرية .
- الكربونات النشطة فى الأراضى الجيرية ومعاييرها .
- التقشر السطحى فى الأراضى الجيرية من الوجهة الكيميائية.
- التوصيات التى تراعى فى استزراع الأراضى الجيرية.

٤ - الأراضى الطفلية الصحراوية .

٥ - ملخص الباب السابع .

٦ - أسئلة الباب السابع.

الباب السابع
الخصائص المعدنية والكيميائية للأراضى الصحراوية
Mineralogical and Chemical Properties of Desert Soils

٧-١ مقدمة :

الأراضى الصحراوية Desert Soils هى أراضى نطاقية تقع فى الحزام الصحراوى من العالم ، والذى يتميز بالجفاف الشديد حيث تقل الأمطار كثيراً عن البخر Evaporation والبخرنتح Evapotranspiration بسبب ارتفاع الحرارة ، مما يؤدى إلى ندرة الحياة النباتية، مع سيادة النباتات المقاومة للجفاف من نوع الزيروفيتات Xerophytes.

وتعتبر هذه الأراضى حديثة التكوين (راجع كتاب حصر وتصنيف الأراضى الصحراوية) ، أى لم تتم بها أى عمليات لغسيل ونقل بعض مكوناتها داخل مقطعها الأرضى ، أو أنها تمت فى حدود ضيقة جدا نتيجة ضآلة النشاط الحيوى والكيميائى فى البيئة الصحراوية ، وعلى ذلك فإن معظم صفات الأراضى الصحراوية تكون موروثة من مادة الأصل ولا تختلف عنها كثيراً .

وتقسم نوعيات الأراضى الصحراوية بشكل عام إلى ثلاث مجموعات من الأراضى هى: الرملية ، والجيرية ، والطفلية .

٧-٢ الأراضى الرملية الصحراوية Sandy Soils

الأراضى الرملية هى التى تحتوى على نسبة عالية من حبيبات الرمل بأقطارها المختلفة (٢- ٠.٠٥ ملليمتر) ، والمكونة من معدن الكوارتز أساساً ، والتى تصل نسبتها فى الأرض إلى ٨٥ ٪ أو أكثر .

وتتكون هذه الأراضى تحت ظروف المناخ الحار الجاف ، وقد تتعرض لعواصف متقطعة ممطرة لفترات قصيرة تعمل على ترطيب طبقة محدودة من المقطع الأرضى . وتؤدى هذه الظروف إلى تواجد كل من الجبس و/ أو كربونات الكالسيوم فى تجمعات عند أعماق مختلفة فى داخل المقطع الأرضى ، والتى تتناسب طرديا مع كمية مياه الأمطار المحدودة التى تتخلل طبقات الأرض والتى تتوقف ايضا على درجة مسامية الطبقات السطحيه

للتربة .

ولقد لوحظ باستمرار أن طبقة تراكم الجبس تلى طبقة تراكم كربونات الكالسيوم داخل المقطع الأرضى ، ويعزى ذلك إلى اختلاف درجات ذوبان كل منهما ، حيث إن درجة ذوبان كربونات الكالسيوم هى ٠٠١٣ر٠ جم/لتر بينما للجبس تصل الى ٩ر١ جم/لتر ، وبالتالى تؤدى كميات الأمطار القليلة إلى إذابة كل منهما من الطبقة السطحية وتتحرك إلى أسفل لتعود بعد فترة وجيزة لتتحرك إلى أعلى تحت تأثير عمليات البخر والتى يصاحبها زيادة فى تركيز المحلول الصاعد ليتحول إلى محلول فوق مشبع Supersaturated ، وهذا يؤدى إلى ترسيب المكونات ذات درجة الذوبان المنخفضة أولاً وهى فى هذه الحالة كربونات الكالسيوم (الجير) يليها الجبس ذو درجة الذوبان المرتفعة نسبياً . ويتكون تبعاً لذلك الأفق الجيرى Calcic horizon والأفق الجبسىGypsic horizon مسببة تواجد طبقات صماء Hard pans تحدد عمق المقطع الأرضى ، وهذه تتكون بصفة أساسية فى الأماكن المنخفضة من الأراضى الصحراوية والتى تتجمع بها مياه الأمطار وتنشط بذلك عمليات الإذابة والترسيب .

وعموما تقع الأراضى الرملية فى رتبتى الأريديسولس Aridisols والأنتيسولس Entisols ، وهى تشكل ٩٥٪ من مساحة مصر ، أغلبها فى الصحراوين الشرقية والغربية .

الخواص الكيميائية للأراضى الرملية :

تحتوى الأراضى الرملية على نسب عالية (تصل الى ٩٠٪ أو أكثر) من الحبيبات الهيكلية سواء فى حجم الرمل الناعم أو الخشن أو الحصى والمتكونة أساساً من معدن الكوارتز ، ومن المعروف أن الكوارتز من المعادن الإطارية المتوازنة كهربائياً فى مجموعة Tectosilicates الشديد المقاومة للتجوية وبالتالى فإن حبيباته لا تحمل شحنات محسوسه مما يقلل من نشاطها السطحى إلى أقل حد ممكن يصل إلى درجة الخمول الكيميائى ، إلا أن تواجد حوالى ١٠٪ أو أقل من الحبيبات فى حجم السلت والطين متركزاً فى الطبقة السطحية الرقيقة من القطاع الأرضى يعتبر هو المصدر الأساسى للنشاط الكيميائى المحدود الذى يظهر للأراضى الرملية ، حيث إنه فى أحيان كثيرة لا تتعدى السعة التبادلية الكاتيونية لهذه الأراضى ١٠ ملليمكافىء / ١٠٠ جرام فى أحسن الأحوال، كما أن رقم ال pH لها أعلى من المألوف وفى الجانب القاعدى ويصل فى بعض

المواقع إلى رقم ال pH ٩٫٤٨ ، ويتوقف ذلك على نوعية الأملاح وتركيزاتها فى الأرض فانخفاض تركيز الأملاح يؤدى الى ارتفاع قيم ال pH المقاسة فى المعلق المائى ،نتيجة لحدوث التحلل المائى لأيوناته . هذا بالإضافة إلى الخواص القوامية الخشنة لهذه النوعية من الأراضى - وقدرتها التنظيمية الضعيفة - إضافة إلى أن عملية التحلل المائى ينتج عنها تحرك لمجاميع الهيدروكسيل إلى أسفل المقطع الأرضى والتى مع تواجد سيادة لأيونات الصوديوم فى هذه الطبقات تعمل على رفع رقم الحموضة ، ويوضح ذلك الجدول رقم (١٩) .

جدول رقم : (١٩) بعض الخواص الكيميائية للأراضى الرملية الصحراوية بطريق القاهرة الإسماعيلية الصحراوى (قطاع الشباب بمشروع الصالحية)

عمق طبقات المقطع الأرض (سم)	الأملاح الذائبة مليموز / سم	رقم pH التربة	الكاتيونات والأنيونات الذائبة (ملليمكانى /لتر)							
			ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	k^{+}	HCO_3^{-}	cl^{-}	$so_4^{=}$	
مسار - ١٥	٠.٢٣	٨.٤٠	٠.٥٢	٠.٨٦	٠.٧١	٠.٢٢	٠.٧٣	٠.٥٥	١.٠٥	
١٥-٣٠	٠.١٤	٨.٨٨	٠.٤٥	٠.٣١	٠.٥٠	٠.١٤	٠.٤٨	٠.٢٢	٠.٥٩	
٣٠-٦٠	٠.٢١	٩.٢٠	٠.٥٤	٠.٥٤	٠.٨٩	٠.١٢	٠.٥٨	٠.٢٨	١.١٣	
٦٠-١٠٠	٠.١٦	٨.٢٥	٠.٦٠	٠.٢١	٠.٦٢	٠.٠٦	٠.٤٨	٠.٤٨	٠.٦٢	
صفر-٢٠	٠.٢٤	٨.٤٢	٠.٧١	٠.٧١	٠.٦٣	٠.٣٢	٠.٧٧	٠.٢٨	١.٢٣	
٢٠-٥٠	٠.٢٠	٨.٦٠	٠.٥٤	٠.٥٤	٠.٦٤	٠.٢٧	٠.٧٨	٠.٢٩	٠.٨٢	
٥٠-١٠٠	٠.٢٢	٩.٣٠	٠.٢١	٠.٤٦	١.٣٩	٠.٠٢	٠.٦٦	٠.٣٣	١.٢١	
صفر-٢٠	٠.١٦	٨.٥٢	٠.٢٢	٠.٦٢	٠.٥٢	٠.١٥	٠.٥٠	٠.٥٠	٠.٦٠	
٢٠-٦٠	٠.٢٤	٨.١٠	٠.٢٦	٠.٧٠	١.٢٣	٠.١١	٠.٧٦	٠.٢٨	١.٢٧	
٦٠-١٠٠	٠.٢٦	٩.٤٨	٠.٥٥	٠.٢٧	١.٦٢	٠.٠٤	٠.٧٩	٠.٥٩	١.٢٢	

ومع الإضافات المستمرة للمادة العضوية ، يحدث بناء للمقطع الأرضى وتكتسب طبقته السطحية اللون الداكن بدلا من اللون الفاتح ، الذى كان موجودا قبل استغلال الأرض زراعيا .

ونوجز هنا أهم محددات الإنتاج الزراعى فى الأراضى الرملية من وجهة نظر اهتمامات كيمياء الأراضى وهى :-

* قلة السطوح الكلية لحبيبات الرمال ، مما ينعكس على خاصية الجذب السطحى ، إضافة إلى قلة مراكز الشحنات على حبيبات الرمال لأن معظمها تتكون من معادن ابتدائية (الكوارتز - الفلسبارات - الكربونات) مع قلة احتوائها على المادة العضوية .

* من المعروف أن الأراضى الرملية فقيرة فى العناصر الغذائية الضرورية لتغذية النبات وتعتمد خصوبتها الذاتية على القدر الضئيل مما تحتويه من حبيبات الطين، ، وأن العناصر الغذائية التى تضاف إلى هذه الأراضى لرفع خصوبتها سوف تظل حرة فى محلول التربة معرضة للتحرك مع مياه الرى إلى عمق بعيد عن المجموع الجذرى وذلك نظراً لكون السعة التبادلية لهذه الأراضى منخفضة ويتراوح بين ٦ - ١٠ ملليمكافىء / ١٠٠ جرام من التربة.

* قلة احتفاظها بمياه الرى ، وعليه يتطلب إضافة مياه الرى على فترات متقاربة مما يزيد مشكلة فقد العناصر الغذائية المضافة .

وبشكل عام فالأراضى الرملية تعتبر فقيرة فى العناصر الغذائية الرئيسية مثل الفسفور والنتروجين والبوتاسيوم ، والعناصر الصغرى مثل الحديد والمنجنيز والزنك.

النقاط الواجب مراعاتها عند استغلال الأراضى الرملية من وجهة نظر خواصها الكيميائية والخصوبية :

يجب عند استغلال الأراضى الرملية مراعاة النقاط التالية :

أولاً :- تحديد مصادر مياه الرى وتحليلها كيميائيا ، وكذلك تحديد معايير استخداماتها فى الرى، وتحديد نظام الرى المستخدم ، وتوقع حدوث مشاكل لتملح التربة من عدمه.

ثانياً :- إجراء الدراسات الخاصة بتحديد الأقطار الحجمية المختلفة ، بما فى ذلك الحصى مع تحديد تركيبها المعدنى .

ثالثاً :- إجراء التحليل الكيميائى لهذه الأراضى لتحديد كمية ونوعية الأملاح الذائبة بها ، مع الاهتمام بتحديد مستوى عنصر البورون لما له من تأثير سمى لبعض المحاصيل .

رابعاً :- الاهتمام بقضية فقد عنصر النيتروجين فى هذه الأراضى ، وقد سبق أن تم التنويه على أن الأراضى الرملية فقيرة فى العناصر الغذائية وأنها تفقد بعض ما يضاف إليها من هذه العناصر مع مياه الرى ، وذلك لفقرها فى حبيبات التربة الدقيقة وأهم العناصر التى تستهدف الفقد بالغسيل هو النيتروجين ، وخاصة إذا أضيف فى صورة سماد نتراتى . وقد اقترحت عدة وسائل تقنية للحد من فقد النيتروجين وأهمها :

١- استخدام أسمدة نيتروجينية محضرة فى صورة بطيئة الذوبان مثل اليوريا - فورمالدهيد والثيويوريا ومشتقات اليوريا الأخرى ، وذلك عند توفرها فى الأسواق .

٢- إضافة الأسمدة النيتروجينية على دفعات يقلل من الفقد ويزيد من امتصاصه مع عدم إضافة الأسمدة النيتروجينية فى صورة نترات .

٣- أن إضافة عدد من العناصر الغذائية عن طريق التسميد الورقى يجنب المشاكل التى تحدث فى الأرض من تقييد لبعض العناصر أو غسيلها مع مياه الرى .

خامساً :- يجب الاهتمام بإضافة العناصر الصغرى مثل الحديد والمنجنيز والزنك والنحاس لفقر الأراضى الرملية فيها .

سادساً :- العمل على تحسين الخواص القوامية للأراضى الرملية وتغيير جزئى لتركيبها المعدنى وذلك بالوسائل التالية :

١) إضافة الطفلة الصحراوية ذات النوع الطينى بعد التأكد من خلوها من الأملاح الذائبة أو ذات مستوى مسموح به من هذه الأملاح (شكل رقم ٣٩).

٢) إضافة بعض الرواسب التكوينية الصحراوية مثل البنتونيت والفيرميكيوليت ، وهى غالبا تتواجد بالقرب من الأراضى الرملية .

سابعاً :- تعتبر المادة العضوية أحد مكونات التربة التى لها دور كيميائى وخصوبى هام فى هذه الأراضى ، حيث يتفوق تأثيرها على بعض مكونات التربة الغروية المعدنيه ، لما لها من سعة تبادلية كاتيونية تفوق معادن الطين وكذلك قدرتها على حفظ الماء ، وإضافتها إلى الأراضى الرملية يمكن تحقيقه بالوسائل التالية :-

١) فى صورة أسمدة عضوية بصورها المختلفة (مخلفات المجازر - بقايا محاصيل المزرعة - مخلفات حيوانات المزرعة إما مباشرة أو بعد خلطها مع فرشة الأتربه مثل الأسمدة البلدية) أى أنها مركبات عضوية معدنية .

٢) التسميد الأخضر بزراعة المحاصيل البقولية وقلبها فى الطبقة السطحية من التربة .

٣) إضافة المخلفات الصلبة من المجارى (البودريت) .

? سؤال محلول :-

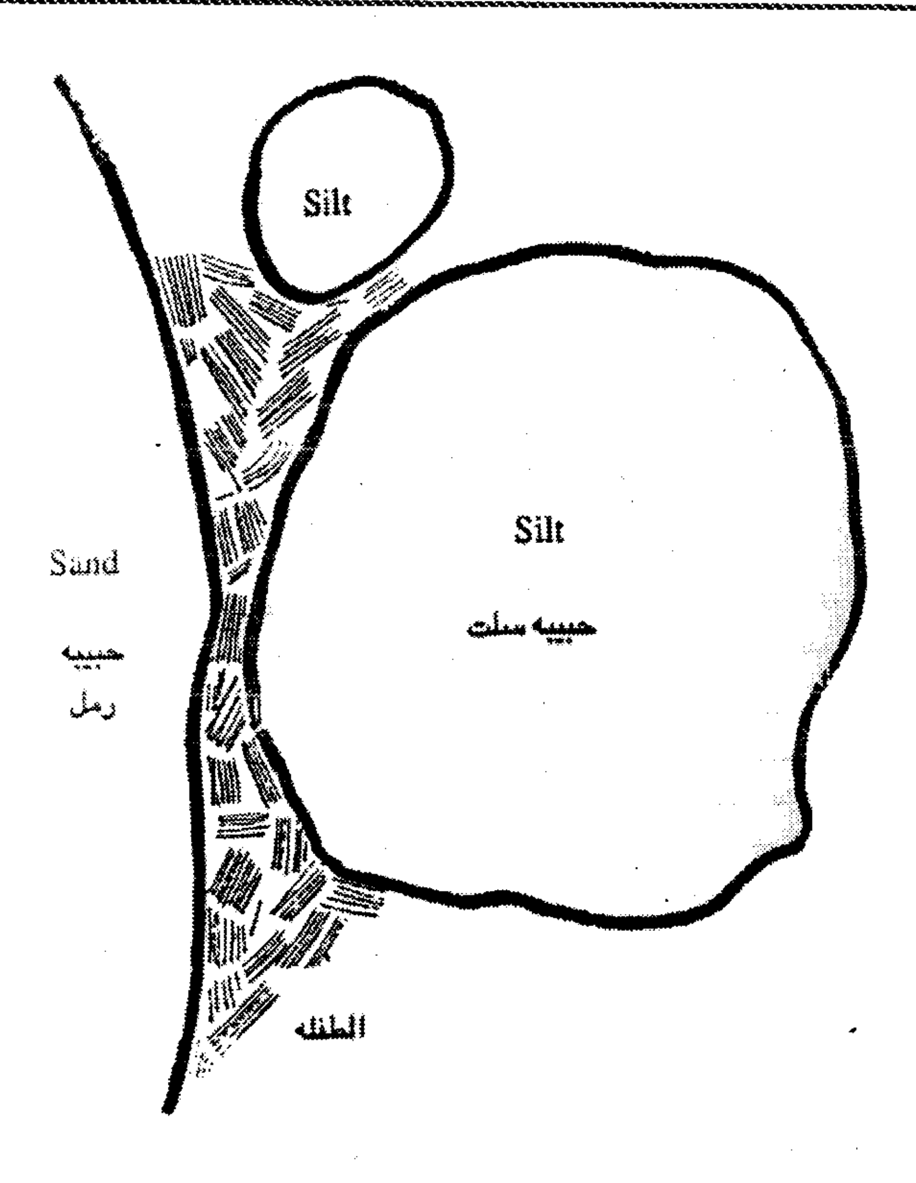
سؤال - وضح أسباب انخفاض السعة التبادلية الكاتيونية للأراضى الرملية ؟

الإجابة - يرجع ذلك إلى عدة أسباب :-

أ- قلة السطوح النوعية للأرض لأنها مكونة من حبيبات رملية خشنة تقل مساحتها السطحية فى وحدة الكتلة كثيرا عن الحبيبات الناعمة .

ب- خمول سطوح الحبيبات : حيث إن تركيبها المعدنى هو معادن مجموعة السليكات الإطارية ، والتى ينعدم فيها الإحلال التماثلى ، مثل الكوارتز والفلسبارات .

جـ- قلة المادة العضوية :- تفتقر الأرض الرملية إلى المادة العضوية لندرتها من ناحية ، ولمعدل تحللها السريع جدا تحت ظروف المناخ الجاف والشبه الجاف من ناحية أخرى .



شكل رقم (٣٩) : يوضح إضافة الطفلة لتحسين خواص الأراضى الرملية حيث تعمل كمادة لاحمة للحبيبات الرملية الخشنة

٧ - ٣ الأراضى الجيرية Calcareous Soils

تعريف

الأرض الجيرية هى التى تحتوى على كمية من الكربونات ثنائية التكافؤ Divalent Carbonates الحرة (والتى من المعتاد تقديرها فى صورة كربونات كالسيوم $Ca\ CO_3$)، وهى تنتج غالبا من مادة أصل جيرية تحت ظروف تجوية لم تكن من الشدة لكى تعمل على التخلص من كل محتواها من الكربونات ، وقد تعرف بأنها الأرض التى تحتوى على كمية من كربونات الكالسيوم بمستوى يؤثر بوضوح على خواص التربة المسئولة عن النمو النباتى سواء أكانت هذه الخواص فيزيائية مثل علاقة التربة بالماء ، وتكوّن التقشر السطحى Surface Crusts أو كيميائية مثل جاهزية العناصر الغذائية للنبات ، ويلاحظ أنه من الصعوبة تحديد نسبة محددة بشكل دقيق كما هو الحال مثلاً فى تصنيف الأراضى المتأثرة بالأملاح ، ولكن أغلب الدراسات قد اتفقت على أن نسبة كربونات الكالسيوم من ٨- ١٠٪ تعتبر المستوى الذى بعده يطلق على الأرض أنها جيرية ، نظراً لأن هذه النسبة قد كان لها بصمات واضحة على خواص التربة المختلفة وبالتالى على النبات النامى .

وتتواجد معظم هذه الأراضى تحت الظروف الصحراوية أو تحت ظروف مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط كما هو الحال فى مصر . حيث تصل مساحة الأراضى الجيرية فى مصر حوالى ٦٥٠ ألف فدان ، وهى التى يتواجد معظمها فى الشريط الساحلى الغربى لحوض البحر الأبيض المتوسط من الجزء الشمالى من الصحراء الغربية، ومن ناحية تصنيف هذه الأراضى فيقع أغلبها تحت رتبة أريديسولس Aridisols و انتى سولس Entisols، ومعظم خطط التوسع الزراعى فى مصر موجهة إلى هذه الأراضى مقارنة بغيرها تحت الظروف الصحراوية ، نظرا لامتلاكها الطاقة الذاتية وسرعة استجاباتها لعمليات الاستصلاح والتحسين .

- التركيب المعدنى للأراضى الجيرية :

Mineralogical Composition of Calcareous Soils

نظراً لأن الهيكل العام لهذه الأراضى يتكون من المادة الجيرية ، فمن المتوقع أنها تتوزع فى أحجام حبيبات التربة المختلفه بداية من الحصىGravels إالى الطينClay وعليه ، كان من الضرورى التعرف على المكونات الجيرية سواء تواجدت فى أحجام

حبيبات التربة المختلفة أو تجمعاتها Aggregates المختلفة ، حيث إن ذلك يساعد مستثمرى هذه النوعية من الأراضى فى وضع برامج خدمة الأرض والمياه على أسس سليمة. وتتواجد المادة الجيرية فى القطاع الأرضى إما موزعة على طول عمق القطاع أو متجمعة فى صورة حبيبات متصلبة Concretions أو عناقيد أو تكون طبقة صماء صلبة hard pan أو فى صورة حصى Gravels من الحجر الجيرى Limestone . وتتكون المادة الجيرية من صور مختلفة من الكربونات قليلة الذوبان فى الماء ، وهذه الصور هى :-

١) كربونات الكالسيوم (الكالسيت Calcite) $CaCO_3$ ، والشبيه الكيماوى Aragonite وهى صورة غير ثابتة وذوبانها أعلى قليلاً من ذوبان الكالسيت .

٢) كربونات المغنسيوم (Magnesite) $MgCO_3 . 3H_2O$ ودرجة ذوبانه قدر ذوبان الكالسيت حوالى ١٠ مرات وكذلك تحلله المائى ، وعليه فمن المتوقع أن رقم حموضة محاليله حتى فى درجات مختلفة من CO_2 ، تكون أعلى مقارنة بالكالسيت.

٣) الكالسيت المغنسيومى Mg-Calcite وهو ما يتواجد غالبا فى الأراضى الجيرية على شواطئ البحار ، حيث تتكون هذه الصورة نتيجة تواجد أيونات المغنسيوم القادمة من مياه البحر والتى تتفاعل مع الكالسيت Calcite حسب المعادلة :-

$$\text{Calcite} + Mg^{2+} + H_2O \longrightarrow \text{Mg-Calcite}$$

وذلك بإحلال بعض مواقع الكالسيوم فى الشبكة البنائية للكالسيت ببعض أيونات المغنسيوم وهذه الصور تكون غير ثابتة .

٤) كربونات الكالسيوم والمغنسيوم $Ca , Mg(CO_3)_2$ (الدولوميت Dolomite) ودرجة ذوبانه أقل بكثير من الكالسيت سواء أكان فى الماء أو الاحماض .

٥) كربونات الحديد ($FeCO_3$) السيدريت Siderite

بجانب ما سبق عرضه من التراكيب المعدنية الجيرية ، تتواجد كذلك معادن الطين السليكاتية ونخص منها هنا معدن طين الأتابولجيت Attapulgite غير المتمدد والذى تأخذ حبيباته شكل آلياف حيث يتميز هذا المعدن بأنه عند الجفاف يصبح شديد الصلابة وعند إضافة مياه الرى فإنه ينشطر بسرعة إلى فتات صغيرة ، والشكل الأنبوبى لهذا المعدن يسمح بدخول ايونات البوتاسيوم ، وتتواجد حبيبات ناعمة من المادة الجيرية ($CaCO_3$) تغلق هذه الأنابيب ويتقيد البوتاسيوم ، ولهذا يجب التقليل من إضافة

الأسمدة البوتاسية للنباتات النامية على الأراضى الجيرية بالطريقة الأرضية ، إضافة لذلك فإنه يلعب مع حبيبات كربونات الكالسيوم دوراً فى حدوث ظاهرة التقشر السطحى Crust formation فى الأراضى الجيرية ، والذى يسبب إعاقة فى اختراق جذيرات البادرات لها.

٦) أكاسيد الحديد بصورها وحالة تأدرتها المختلفة والتى يؤثر لونها على التربة الجيرية.

٧) قد يتواجد ثانى أكسيد السليكون SiO_2 فى الأحجام المختلفة من هيكل التربة مختلطا مع المادة الأصلية الجيرية للتربة .

- الخواص الكيميائية للأراضى الجيرية :

تحتوى الأراضى الجيرية على نسبة عالية من كربونات الكالسيوم والمغنسيوم قد تصل إلى اكثر من ٧٠٪ ، مما يكسبها صفات كيميائية مميزة ومن أهم هذه الصفات :

١- رقم الحموضة pH

حيث إن التحلل المائى لكربونات الكالسيوم قد يرفع رقم pH الأرض إلى ١٠٫٧ وخاصة عند غياب غاز ثانى أكسيد الكربون تبعا للتفاعل التالى :-

$$Ca\,CO_3 + H_2O \longrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^-$$

وتحت الظروف الطبيعية لا يحدث تراكم لأيونات الأيدروكسيل المسئولة عن رفع رقم pH ، وذلك نتيجة تواجد تركيزات مختلفة من غاز ثانى أكسيد الكربون فى حالة اتزان مع المحلول الأرضى مكونا حمض الكربونيك الذى يعمل على خفض رقم ال pH الفعلى فى الأراضى الجيرية إلى ٨٫٢ - ٨٫٤ وذلك فى حالة سيادة كربونات الكالسيوم. أما عند سيادة كربونات المغنسيوم ، فإن pH الأرض الجيرية المغنيسية ، يكون اكثر ارتفاعاً بنحو درجة ونصف أى ٩٫٧ الى ٩٫٩ .

ومن الجدير بالذكر ، أن تواجد تركيزات عالية من الأملاح الذائبة قد تسبب انخفاضا ضئيلا فى رقم ال pH للأراضى الجيرية ، وذلك نتيجة للتضاغط المحدود فى الطبقة الكهربائية المزدوجة وقلة تركيز أيونات الأيدروجين بها - ويتحدد رقم pH الأراضى الجيرية بعاملين أساسيين هما: ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2 ، وتركيز

أيون الكالسيوم الذائب فى المحلول الأرضى ، كما سبق الإشارة إليه عند دراستك لرقم pH الأراضى (انظر الباب الخامس) فقد وجد أنه عند ضغط CO_2 مساويا لضغطه فى الهواء الجوى (أى بنسبة ٠٣ر٠٪) فإن رقم pH الأرض الجيرية يكون فى المتوسط حوالى ٣ر٨ ، ثم يتناقص تدريجيا بزيادة ضغط ثانى أكسيد الكربون فى الهواء الأرضى، وذلك نتيجة تنفس جذور النباتات ونشاط الكائنات الحية الدقيقة وتحلل المادة العضوية فى الأرض .

سؤال محلول :- ?

سؤال - ما هو سبب ارتفاع رقم pH الأراضى المغنيسية عن تلك الكلسية من الناحية الكيميائية ؟

الإجابة - لأن التحلل المائى لكربونات المغنسيوم $Mg\,CO_3$ (مغنسيت) أكبر منه فى حالة الكالسيت $Ca\,CO_3$ ، نظرا لكبر حاصل إذابة المغنسيت فى الماء ، والذى يبلغ مائة ضعف حاصل إذابة الكالسيت ، وعلى ذلك فإن التحلل المائى الزائد يؤدى إلى إنتاج تركيز أكبر من أيونات الهيدروكسيل ويرتفع الـ pH ، طبقاً للتفاعل التالى :

$$Mg\,CO_3 + H_2O \longrightarrow Mg^{2+} + HCO_3^- + OH^-$$

٢ - ترسيب الفوسفات الذائب :

أوضحت العديد من الدراسات أن سطوح حبيبات معادن الكربونات ، عموما ، لها المقدرة على ادمصاص أنيونات الفوسفات $(PO_4)^{3-}$ الذائبة من محاليلها ، وخصوصا فى التركيزات العالية نسبيا ، وتتم عملية الترسيب نتيجة تفاعل كيميائى على السطوح يؤدى الى تحول صور الفوسفات الذائب وهى الصور احادية الكالسيوم وثنائيه الكالسيوم إلى فوسفات ثلاثى الكالسيوم الذى يترسب على السطوح ويقل تركيز الفوسفات الذائب فى المحلول الأرضى إلى أدنى حد ويتم ذلك تبعا للمعادلات الكيميائية التالية:-

$$Ca(H_2PO_4)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2\,CaHPO_4 + 2H_2O$$

فوسفات أحادى الكالسيوم (ذائب) — هيدروكسيد كالسيوم — فوسفات ثنائى الكالسيوم (أقل ذوبانا) — ماء

$$2\,CaHPO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2 + H_2O$$

فوسفات ثنائى الكالسيوم — فوسفات ثلاثى الكالسيوم (راسب شحيح الذوبان)

وبالطبع ينتج هيدروكسيد الكالسيوم من التحلل المائى ، بالإضافة إلي الإشباع بثانى أكسيد الكربون والذى يتم مع كربونات الكالسيوم كما سبق شرحه فى الابواب السابقة. وعند ترسيب الفوسفات فإنه يفقد قدرته على الذوبان ، وتقل بل تنعدم استفادة النبات منه وخاصة إذا حدث الترسيب بعيدا عن جذر النبات . أما فوسفات ثلاثى الكالسيوم الملامسة لجذر النبات فيحدث لها إذابة بواسطة الأحماض العضوية التى يفرزها الجذر ويحولها الى صورة ذائبة يمكن للنبات امتصاصها والاستفادة منها ، وطبقا لذلك فإنه فى حالات خاصة يمكن استخدام صخر الفوسفات فى تسميد الأراضى ، وخاصة أراضى الغابات الحامضية فى المناطق الباردة الرطبة .

٣- ترسيب مركبات الحديد :

تعمل كربونات الكالسيوم فى الأراضى الجيرية على نقص تيسير الحديد للنباتات النامية عليها ؛ لأنها تؤدى إلى أكسدة الحديدوز إلى الحديديك ، وبالتالى يقل امتصاص النبات للحديد كما هو موضح فى المعادلات التالية :

$$Fe^{2+} + CaCO_3 \longrightarrow FeCO_3 + Ca^{2+}$$

أيونات كالسيوم كربونات حديدوز (سيدريت) كربونات كالسيوم أيونات حديدوز

$$4FeCO_3 + O_2 + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow 2Fe_2(CO_3)_3 + Ca(OH)_2$$

كربونات حديديك بيكربونات كالسيوم

$$Fe_2(CO_3)_3 + 3H_2O \longrightarrow Fe_2O_3 + 3H_2CO_3$$

حمض كربونيك اكسيد حديديك

٤- فقد الأمونيا :-

لوحظ أن النباتات المزروعة فى الأراضى الجيرية لا تستجيب للتسميد الأزوتى بالدرجة الكافية عند تسميدها بسماد سلفات النشادر $(NH_4)_2SO_4$ ، ويرجع السبب فى ذلك إلى تواجد نسب من كربونات الكالسيوم تؤدى إلى ارتفاع رقم ال pH ، أى تواجد تركيزات مرتفعة نسبياً من أيونات الهيدروكسيل (OH) ، والتى تتفاعل مع كاتيونات الأمونيوم وتحولها إلى غاز النشادر المتطاير ، تبعا للمعادلة التالية :-

$$NH_4^+ + OH^- \longrightarrow NH_3 \uparrow + H_2O$$

ولقد وجد أنه عند رقم pH حوالى ٨ ، فإن كمية النشادر المتطايرة تعادل ٥٪ من الكمية المضافة على صورة سماد سلفات النشادر ، وترتفع نسبة هذا الفقد إلى حوالى ٤٠٪ من الكمية المضافة عندما يرتفع رقم pH الأرض إلى ٩ . وعلى ذلك ، فإنه فى معظم الأراضى الجيرية ، والتى لها رقم pH حوالى ٨٫٥ ، يتوقع حدوث فقد للأمونيا بنسب لا يمكن تجاهلها .

ومن ناحية أخرى ، يحدث تفاعل مباشر للجير مع سماد سلفات النشادر المضاف يؤدى إلى انطلاق غاز النشادر على خطوتين كما فى التفاعلات التالية :-

أ - تتفاعل كربونات الكالسيوم مع كبريتات الأمونيوم مكونه كربونات أمونيوم حسب المعادلة :-

$$CaCO_3 + (NH_4)_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + (NH_4)_2CO_3$$

كربونات كالسيوم   كبريتات امونيوم   كبريتات كالسيوم   كربونات أمونيوم

ب - تتحلل كربونات الأمونيوم ذاتيا وينطلق غاز النشادر المتطاير حسب المعادلة:-

$$(NH_4)_2CO_3 \longrightarrow NH_3 \uparrow + CO_2 \uparrow + H_2O$$

غاز النشادر

ولقد وجد أنه بزيادة محتوى الأرض من كربونات الكالسيوم تزداد النسبة المفقوده بالتطاير من الأمونيا ويقل ، بالتالى ، معدل استفادة النبات النامى من السماد المضاف .

الكربونات النشطة فى الأراضى الجيرية ومعاييرها Active Carbonates

يرتبط الكثير من خصائص الأراضى الجيرية (الفيزيائية والكيميائية والخصوبية والحيوية) أساسا بالجزء النشط من الكربونات أكثر من ارتباطها بالكربونات الكلية ، وعلى هذا الأساس يجب التعامل مع هذا الجزء بكل دقة، وهو الذى غالبا ما يتواجد مع حبيبات الطين ، أى الجزء الناعم من التربة ، ويقدر كيميائيا كما يتضح فيما بعد .

وتظهر فى أغلب الأحوال ظاهرة الاصفرار Chlorosis على المحاصيل النامية على الأراضى الجيرية ، وهى أعراض نقص عنصر الحديد والتى غالبا ما تعالج ويحال دون

ظهورها عن طريق إضافة مركبات الحديد الذائبة أو المخلبة بطريقة التسميد الورقى.

وحتى وقتنا هذا ، فإن أسباب نقص الحديد فى الأراضى الجيرية مازالت غير معروفة، وقد اقترح أن أحد أسباب هذه الظاهرة يرجع إلى التركيز الموضعى والعالى من أيونات البيكربونات، إضافة لذلك ، فقد وجد أن أعراض الاصفرار تحدث عندما تتواجد الكربونات بنسب مرتفعة فى حبيبات الطين بحيث تتعدى الكربونات الفعالة ١٠٪ من وزن التربة .

ولإنهاء هذه القضية فلا بد من وضع معايير محددة وذلك بقياس طاقة الأراضى الجيرية عن طريق تقدير نسبة كربونات الكالسيوم فى حبيبات السلت والطين . وبناء على العلاقة بين الأقطار الحجمية لحبيبات التربة والمساحة السطحية لها ، وهى التى تتحكم فى مدى نشاط الجزء الصلب منها ومعدل ذوبانه ، فقد تم التعامل مع هذا الجزء على أنه الجزء النشط من الكربونات وأطلق عليه " Active Lime " . وحديثا ، أمكن تقدير هذا الجزء بمعاملة التربة الجيرية أو حبيبات من الحجر الجيرى بمحلول مخفف من الأكسالات حيث تغطى سطوح الكالسيت براسب من أكسالات الكالسيوم ، وقد اتخذ هذا التفاعل كمعيار جيد لقياس نشاط الجير ، كما اتخذت هذه الطريقة لتحديد درجة نقاوة الجير الزراعى ، وأخيرا اتخذت كمعيار فى تشخيص مدى قابلية الأراضى الجيرية لإظهار الاصفرار Chlorosis .

الطريقة :

١- يؤخذ ٢ جم من التربة + ٢٠٠ ملليمتر من محلول($O.2N\ NH_4$ -Oxalate) عند درجة pH= ٧ والرج لمدة ساعتين .

٢- يرشح المعلق ، ثم تقدر كمية الأكسالات فى المترشح باستخدام المعايرة بمحلول برمنجنات البوتاسيوم أساس ($0.1N\ KMnO_4$) .

٣- تحسب كمية الأكسالات التى لزمت لتغطية سطوح العينة عن طريق الفرق بين التركيز الابتدائى والتركيز النهائى .

٤ - تحسب النتائج معبرا عنها كنسبة مئوية أو كمllيمكافئات من $CaCO_3$ والمعادلة

التالية توضح مسار طريقة التقدير :

$$CaCO_3 + C_2O_4^{=} + H_2O \rightleftharpoons CaC_2O_4 + HCO_3^{-} + OH^{-}$$

أيون بيكربونات   اكسالات كالسيوم راسب   أيون أكسالات

والجـدول رقم (٢١) يوضح توزيع الكربونات الفعـالة (النشطة) فى بعض الأراضى الجيرية المصرية وكذلك توزيع معدنى الكالسيت والدولوميت كمكونين رئيسيين لمعادن الكربونات فى الأرض الجيرية .

جدول رقم (٢١): توزيع صور الكربونات فى الأراضى الجيرية المصرية

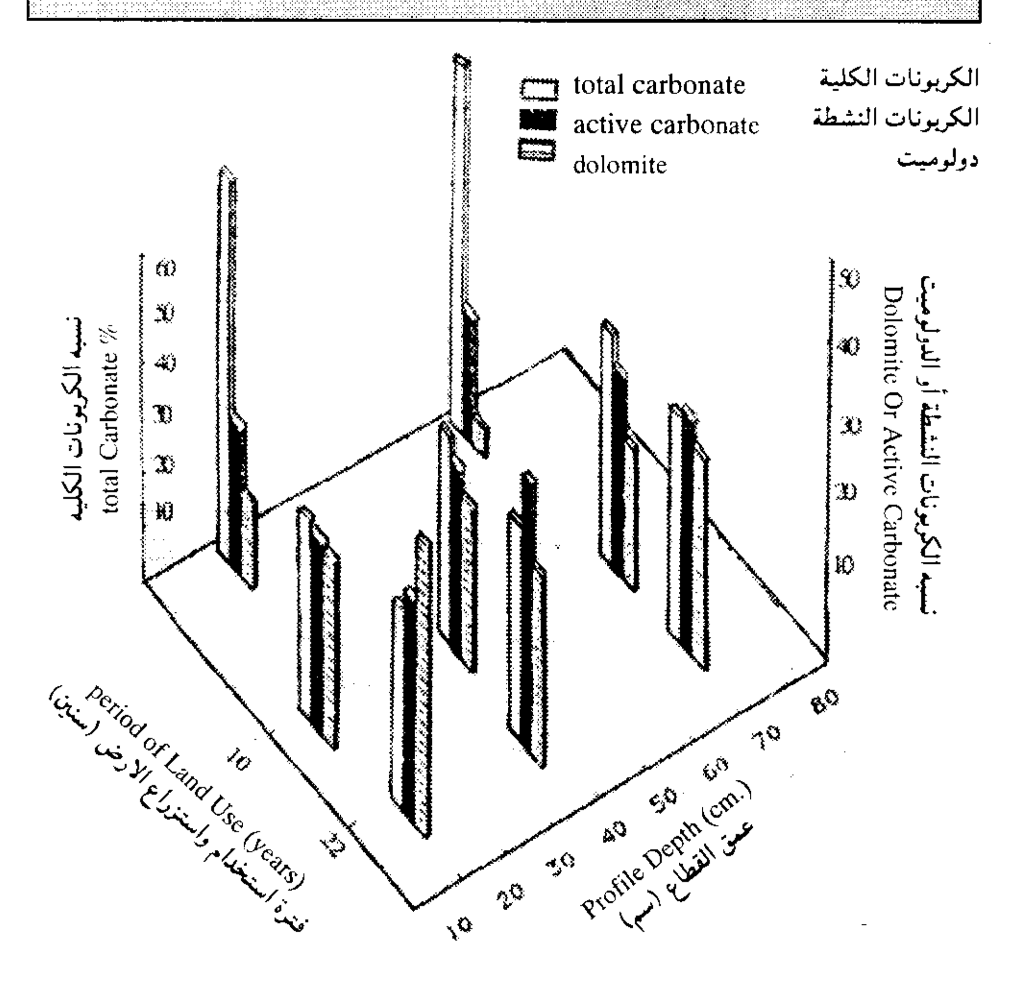
المنطقـة	نسبة الكربونات الكلية (٪)	الكربونات النشطة (٪)		الدولوميت من الكربونات الكلية ٪
		من الكربونات الكلية	من التربة	
السلوم	٤٦,٦	٥,٨	٢,٧	١٢
مرسى مطروح	٤٦,٥	٢٠,٤	٩,٥	١٨
سيدى برانى	٣٧,٩	١٥,٨	٦,٠	١٠
العلمين	٤٣,٢	٢٥,١	١٠,٨	٢٦
برج العرب	٤٢,٣	٢٥,٣	١٠,٧	٢١
العامرية	٤٠,٠	٢٥,٠	١٠,٠	٣٩
شمال التحرير	٣٦,٤	٥٥,٦	٢٠,٢	٤
المعادى	٤٦,٤	٢١,٦	٩,٨	١٤
العريش	٢٣,٢	٢٥,٥	٨,٢	٢٩

ويتضح من الجدول ، أن نسبة الكربونات النشطة تبلغ الحد الحرج فى أراضى شمال التحرير والعامرية وبرج العرب ، وهى المناطق المنزرعه فعلاً ، حيث إن عمليات خدمة واستزراع الأراضى الجيرية تؤدى إلى تكسير وتفتيت حبيباتها الخشنه إلى حبيبات أكثر نعومة مما يؤدى الى إرتفاع نشاطها السطحى ، ويظهر ذلك فى الشكل رقم (٤٠) .

سؤال محلول :-

سؤال :- مستعيناً بالنتائج الواردة فى جدول (٢١) أذكر مناطق تواجد الأراضى الجيرية التى يمكن أن تظهر بها مشاكل الاصفرار وترسيب الفوسفات وتطاير الأمونيا ؟

الإجابة :- المناطق التى تظهر بها مشاكل الاصفرار وترسيب الفوسفات وتطاير الأمونيا يمكن أن تكون فى شمال التحرير أساساً حيث تصل نسبة الكربونات النشطة بها ٢٠,٢٪ ويحتمل ظهورها فى العلمين وبرج العرب.



شكل رقم (٤٠): أثر مدة استزراع الأراضى الجيرية على صور مكوناتها الجيرية



تطبيق :-

مستخدماً شكل (٤٠) ما هو أثر فترة استزراع الأرض الجيرية على نسب توزيع كل من الكربونات الكلية، الكربونات النشطة، نسبة الدولوميت فى الطبقة السطحية وكذلك توزيع كل مكون على طول القطاع الأرضى.

المكــون	أثر الاستزراع	التوزيع فى القطاع الأرضى
الكربونات الكليــة	----------	----------
الكربونات النشطة	----------	----------
الدولـومـــــــيت	----------	----------

تعريفات :

* الكربونات النشطة " Active Carbonates " Active Lime : هى حبيبات الكربونات الثنائية التكافؤ ذات النشاط السطحى العالى ، والتى تتركز أساسا فى حبيبات الطين والسلت ، والتى لها دور فى التفاعلات الكيميائية للأراضى .

* ظاهرة الاصفرار Chlorosis : هى اصفرار أوراق النباتات نتيجة عدم قدرتها على امتصاص الحديد الذى قد يتواجد فى التربة ولكن بصورة غير ميسرة للنبات، وهى شائعة الحدوث فى الأراضى الجيرية .

مما سبق ، يتضح أن المعيار الأساسى هو نسبة الكربونات النشطة وليست الكلية فى الأرض الجيرية ، فإذا تعدت نسبة الكربونات النشطة ١٠٪ فيصبح هناك خطورة من تواجد ظاهرة الاصفرار ، وفى هذا المجال ، نريد أن ننوه مزارعى الأراضى الصحراوية الجيرية إلى أن المحاصيل تتباين فى درجة حساسيتها (حتى أصناف نفس النوع) لظاهرة الاصفرار ، فالأعناب تعتبر حساسة جدا بينما الزيتون مقاوم جدا .

التقشر السطحى فى الأراضى الجيرية من الوجهة الكيميائية :

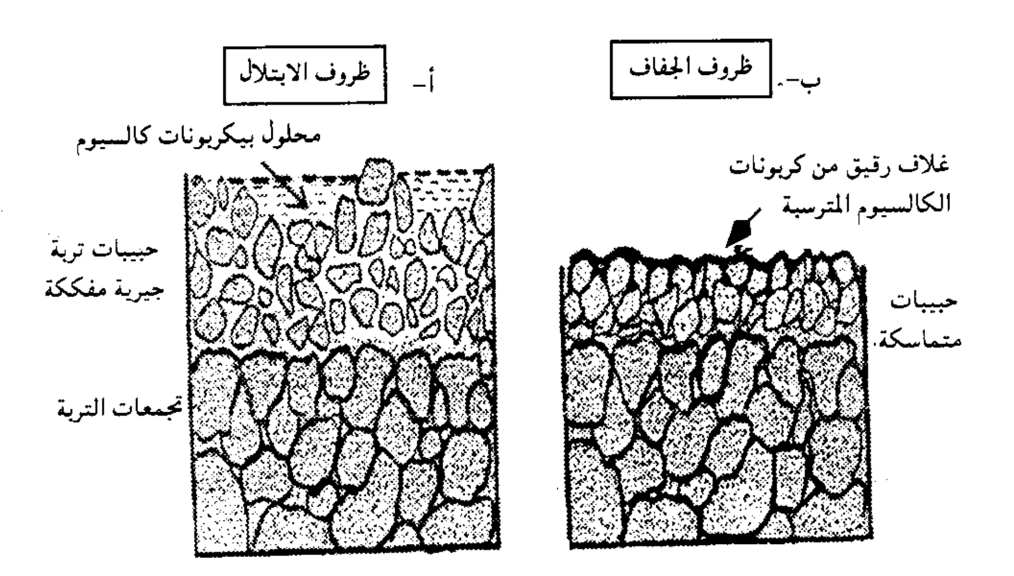
القشرة السطحية Surface Crust هى طبقة لا يتعدى سمكها عدة سنتيمترات من حبيبات تربة تفككت بفعل عوامل عديدة ثم تصلبت عند الجفاف نتيجة التصاق الحبيبات الناعمة بعضها ببعض بقوى فيزيائية وكيميائية ، وتظهر بوضوح فى الأراضى

الجيرية . وميكانيكية تكوينها هى عملية فيزيوكيميائية ، حيث يتحكم فيها أيضا نوعية المعادن السائدة ونوعية الكاتيونات المتبادلة والتى تحدث التفرقة الكيميائية Chemical dispersion. كما أن تركيز الأملاح فى التربة ومياه الرى يؤثران بدرجة كافية على تكوين القشرة ، وخاصة ما تحتويه من أيونات البيكربونات وحمض الكربونيك الذى يعمل على إذابة جزء من حبيبات الكالسيت إلى صورة ذائبة من بيكربونات الكالسيوم والتى عند جفاف القشرة السطحية تترسب مرة أخرى على صورة مادة لاحمة من كربونات الكالسيوم بين الحبيبات مسببة تصلبها وتماسكها تبعا للمعادلات التالية :

$$\underset{\text{حمض كربونيك}}{H_2CO_3} + \underset{\substack{\text{كربونات كالسيوم} \\ \text{(غيرذائبة)}}}{CaCO_3} \xrightarrow{\text{ظروف ابتلال}} \underset{\substack{\text{بيكربونات كالسيوم} \\ \text{(ذائبة)}}}{Ca(HCO_3)_2} \xrightarrow{\text{ظروف جفاف}} CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

ويتعاظم هذا التأثير (الفعل اللاحم للكربونات) بتكرار دورات الترطيب والتجفيف لانه فى كل مرة يحدث ترسيب جديد والتحام بين الحبيبات فى نقاط أخرى (انظر الشكل رقم٤١) .

كذلك فإن تواجد نسبة عالية من معدن الأتابولجيت الليفى الشكل فى حبيبات الطين وتراصها بجوار بعضها فى حزم ليفية متوازية يؤدى إلى زيادة صلابة القشرة السطحية للاراضى الجيرية ، كما أن التركيز الكلى للأملاح فى الأرض ومياه الرى لها تأثيرات مباشرة وأخرى غير مباشرة على تكوين القشرة السطحية ، فمياه الرى ذات قيم SAR أكبر من ١٠ مع انخفاض تركيز الأملاح بها عن أقل من ٢ ملليمكافىء/لتر تزيد من التفرقة وبالتالى تتكون القشرة السطحية ، بينما عندما تقل نسبة الصوديوم المتبادل ESP فى التربة عن ٥٪ ويزداد تركيز الأملاح فى مياه الرى عن ٥ ملليمكافىء /لتر فإن التفرقة قد لا تحدث بسرعة ويقل تكوين القشرة السطحية .



شكل رقم (٤١): الدور الكيميائى فى تكوين القشرة السطحية فى الأرض الجيرية

كما أن نظام الرى بالرش يساعد على تكوين القشرة السطحية نتيجة لقوى التصادم السطحى لنقطة المياه عند سقوطها على تجمعات سطح التربة وتفريقها . وللتغلب على تكوين هذه القشرة السطحية المتصلبة لابد من منع الظروف الكيميائية التى تسبب حدوثها ، وبالطبع فإن ال ESP للأرض ليس هو العامل الرئيسى فى تكوينها فى هذه الحالة بل نوعية مياه الرى ، وعموما يمكن تلخيص وسائل مقاومة تكوين القشرة السطحية من الوجهة الكيميائية فى الآتى :-

١- استخدام مياه رى ذات ملوحة لا تقل عن ١٣٠ جزءا فى المليون ولا تزيد قيم SAR بها عن ١٠ مما يقلل من تكوين القشرة السطحية . كما يجب ألا تحتوى مياه الرى على كربونات ذائبة وهذا يحدث فقط عندما يزداد تركيز أيون الكربونات $(CO_3)^{=}$ ويتعدى مجموع تركيز كل من أيونات الكالسيوم والمغنسيوم ، مع عدم ترك الأرض للجفاف الشديد حتى لا يحدث ترسيب للكربونات مرة أخرى على هيئة مادة لاحمة للحبيبات الدقيقة للتربة .

٢- استخدام بعض المركبات الكيميائية التى تقلل من النشاط السطحى للحبيبات المكونة للقشرة السطحية ، مثل التفاعل مع حمض الفوسفوريك أو الكبريتيك ، والتى تكون طبقة عازلة طبقا للمعادلات التالية :

$$H_2SO_4 + CaCO_3 \longrightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$$

حمض كبريتيك   كربونات كالسيوم   كبريتات كالسيوم

وعندما تتكون أغلفة من فوسفات ثلاثى الكالسيوم أو كبريتات الكالسيوم ، فإنها تعمل أولا على تقليل النشاط السطحى لحبيبات الكالسيت ، كما تعمل على تكوين تجمعات صغيرة منها ويقف التفاعل سريعا ، لأن هذه المواد المترسبة على سطح الحبيبات الجيرية تعمل على عزل الحامض المتبقى عن الاستمرار فى التفاعل والتغلغل داخل الحبيبة.

٣- استخدام المحسنات المختلفة سواء منها الطبيعية النشأة أو المخلقة متى توفرت الاخيرة بصورة اقتصادية، وحديثا أمكن استخدام أملاح الحديد لتقليل التلاحم بين حبيبات الجير النشطة وتكوين تجمعات حقيقية ثابتة ضد الماء، ويتم ذلك عن طريق التحلل المائى لأيونات الحديد مكونة الصور الأيدروكسيلية المختلفة التى ترتبط بسطوح الحبيبات الجيرية أو تغطيها مكونة قناطر ثابتة تبعا للتفاعلات الآتية :-

$$Fe(H_2O)_6^{3+} + Calcite\text{-}CO_3^- \longrightarrow Fe(H_2O)_5(OH)^{2+} + Calcite\text{-}HCO_3$$

$$Fe(H_2O)_5(OH)^{2+} + Calcite\text{-}CO_3^- \longrightarrow Fe(H_2O)_4(OH)_2^+ + Calcite\text{-}HCO_3$$

$$Fe(H_2O)_4(OH)_2^+ + Calcite\text{-}CO_3 \longrightarrow Fe(H_2O)_3(OH)_3 + Calcite\text{-}HCO_3$$

وعندما تتكون هذه التجمعات ينعدم تقريبا تكون القشرة السطحية لهذه الأراضى الجيرية .

٤- تعتبر المادة العضوية من أنجح الوسائل فى محاربة تكوين القشرة الأرضية ، ومن أرخصها أيضا ، وينصح فى هذه الحالة بتقليب المخلفات النباتية عقب المحصول فى طبقة سلاح المحراث ، مع المحافظة على نسبة رطوبة مناسبة طوال فترة إنبات البذور.

تعريفات

* التقشر السطحى Surface Crusting : جفاف وتصلب طبقة رقيقة ، يتراوح سمكها بين عدة ملليمترات وتصل إلى عدة سنتيمترات ، مكونة من حبيبات التربة الناعمة بتراكيبها المعدنية المختلفة .
* طبقة صماء Hard pan : طبقة مندمجة تتكون من تصلب فيزيائى للحبيبات الناعمة، أو نتيجة ترسيب مواد كيماوية مكونة طبقة غير منفذة للماء ، وقد تكون طينية أو جيرية أو جبسية أو حديدية .

تكوين التجمعات الثابتة فى الأراضى الجيرية من الوجهة الكيميائية:

يعتمد نموذج إمرسون (Emerson,). فى تكوين التجمعات الثابتة فى الأراضى عموماً على وجود الغرويات المعدنية والعضوية متمثلة فى غرويات الطين والدبال التى تعمل على لصق حبيبات التربة ببعضها البعض مع وجود المواد اللاحمة الأخرى مثل كربونات القواعد الأرضية والأكاسيد السداسية ... إلا إنه فى الأراضى الجيرية حيثما تتركب معظم حبيبات التربة من معادن الكربونات بل أن حبيبات المعادن السليكاتية تكون مغلفة بمعادن الكربونات تختلف ميكيانيكة تكوين التجمعات قليلاً عن نموذج إمرسون، حيث إن سطوح حبيبات معادن الكربونات تكون نشطة كيميائيا بدرجة أكبر كثيراً من أسطح حبيبات معادن السليكات الإطارية المقابلة لها في معظم الأراضى المعدنية الأخرى مثل الكوارتز والفلسبارات بأنواعها ، وهذا النشاط الكيميائى يجعل الأسطح (الكربوناتية) سريعة التفاعل مع نواتج التجوية الكيميائية لمعادن التربة الأخرى أهمها المعادن الحاملة للحديد والألومنيوم Ferra-magnisian aluminosili-cates مثل الأوليفين، الأوجيت، الهورنبلند، البيوتيت وغيرها من المعادن الأولية التى ينتج عن تجويتها فى التربة محاليل تحتوى على صور التحلل المائى لمركبات الحديد والألومنيوم والتى تتفاعل مع الأسطح النشطة لمعادن الكربونات والتى تتهيأ للتفاعل عن طريق التحلل المائى ويتم ذلك فى مرحلة التحلل المائى Hydrolysis stage وهى أولى مراحل تكوين التجمعات وينتج من هذه المرحلة تكوين صور عديدة من هيدروكسيدات الحديد الموجبة الشحنة فى الوسط الحامضى والسالبه، الشحنة فى الوسط القاعدى، وهذا التفاعل يحدث لحظيا ،بعدها تترسب هذه المركبات بنظام يتبع تغير رقم

الـ pH والذى يكون مرتفعاً بجوار سطح حبيبة الكالسيت (>8.0) وعندها يترسب أيدروكسيد الحديديك السالبة الشحنة $[Fe(OH)_4 (H_2O)^-_2]$ وينخفض رقم pH بعد ذلك بالبعد عن سطح حبيبة الكالسيت ويظهر ذلك فى المخطط المقدم فى شكل (٤٢) فى المرحلة الثانية من هذا المخطط وهى مرحلة التجمع Floccmlation Stage وبعد حدوث ترسيب الصور المختلفة لهيدروكسيدات الحديديك تبدأ المرحلة الثالثة وهى مرحلة التقادم وثبات التجمعات Aging Stage وتتم فى ثلاث خطوات :

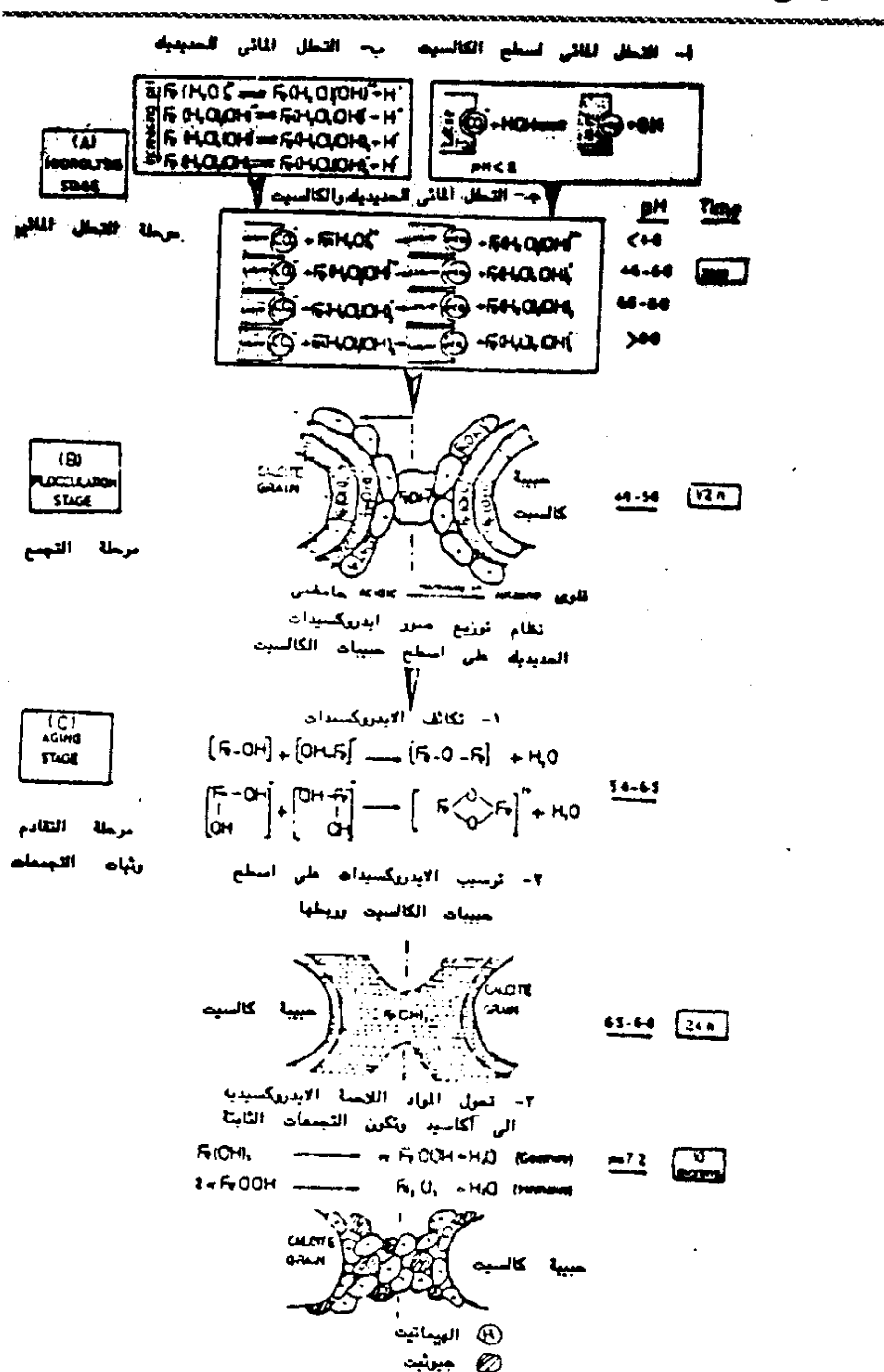
١ - يحدث تكاثف Polymerization لجزيئات الهيدروكسيدات مع ارتفاع رقم pH .

٢ - يترسب هيدروكسيد الحديديك المتعادل $Fe (OH)_3$ والذى يربط بين حبيبات الكالسيت .

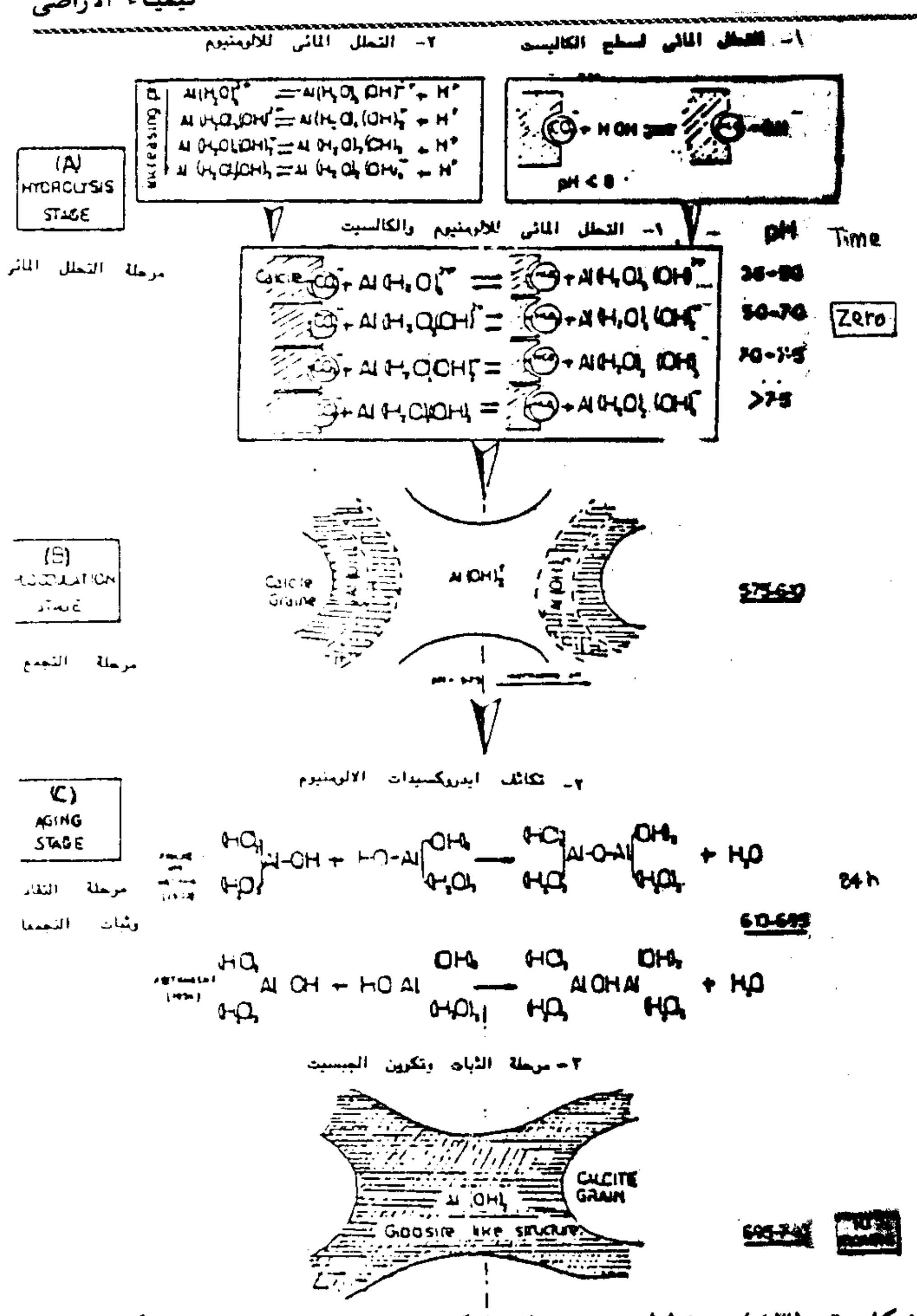
٣ - يحدث تحوُّل الهيدروكسيدات الهلامية إلى أكاسيد حديديك مثل الهيماتيت والجيوثيت حتى تتكون التجمعات الثابتة.

وبنفس الطريقة تقوم مركبات الألومنيوم بتكوين التجمعات الثابتة طبقاً للمخطط الوارد فى شكل (٤٣) حيث تتلاءم الحبيبات بواسطة الجبسيت .

وتلعب هيومات الحديد والألومنيوم، وكذلك هيومات الكالسيوم Fe, Al and Ca-humates دوراً هاماً وأساسياً فى تكوين وثبات التجمعات فى الأراضى الجيرية بينما يتقلص دور الحبيبات الغروية لمعادن الطين السليكاتية فى تكوين مثل هذه التجمعات كما ظهر فى سلسلة البحوث التى أجريت بقسم الأراضى - جامعة القاهرة فى الفترة ٨٠-١٩٨٦ بواسطة عبد العال وآخرين، شاهين .



شكل رقم (٤٢): مخطط يوضح مراحل تكوين التجمعات الثابتة فى الأراضى الجيرية من الوجهة الكيميائية بواسطة مركبات الحديد



شكل رقم (٤٣): مخطط يوضح مراحل تكوين التجمعات الثابتة فى الأراضى الجيرية من الوجهة الكيميائية بواسطة مركبات الألومنيوم

التوصيات التى تراعى فى استزراع الأراضى الجيرية :

من العرض السابق عن الخصائص المعدنية والكيميائية للأراضى الجيرية نوجز بعض النقاط التى يجب مراعاتها عند زراعة مثل هذه الأراضى :

١- نظرا لما تلعبه القشور السطحية فى خدمة الأراضى الجيرية لما لها من قوة ميكانيكية تقاوم ظهور البادرات وكذلك أثرها الضار على سيقان النباتات النامية حيث تختلف سمك هذه القشور من ملليمترات قليلة إلى العديد من السنتيمترات ، وكما علمنا فإن هذه القشور تتكون بفعل فيزيائى وكيماوى فى نفس الوقت (حبيبات حجمية مختلفة من الكربونات - معادن طين الأتابولجيت ، أكاسيد الحديد - الحصى بأحجامه وأشكاله وتراكيبه المعدنية) وعليه فإنه يجب أن لا تعطى الفرصة لسطح الأرض أن يصل إلى مرحلة الجفاف الشديد والعناية بإضافة المادة العضوية من مصادرها المختلفة لكى تعمل على زيادة نقط الضعف فى هذه الطبقة وتغيير عمق الحرث باستمرار مع استخدام محاصيل عميقة تتبادل مع الأخرى سطحية الجذور .

٢ - تلعب الكربونات (كربونات الكالسيوم والمغنسيوم) دورا هاما فى مدى تيسر العناصر الغذائية اللازمة للنبات ، وكذلك فى معدل ذوبان كل من الفوسفور والحديد بجانب مركبات عناصر أخرى ، وكما سبق إيضاحه فإن ظاهرة الاصفرار التى تظهر على أوراق أشجار البساتين والخضر وكذلك كثير من نباتات الزهور وغيرها من المحاصيل الحقلية نتيجة لنقص عنصر الحديد ، وعليه فيجب الحذر من المغالاة فى اضافة مياه الرى وخاصة فى حالة استخدام الرى بالغمر وذلك للعمل على الإقلال من التحلل المائى للمادة الجيرية ، وإذا كان الأمر كذلك فيجب العمل على زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى هواء التربة وذلك بإضافة محسنات أو مهيئات ذات أثر حامضى أو إضافة أحماض مع مياه الرى ، ولكن هذه الطريقة الأخيرة تعتبر غير اقتصادية نظرا للقدرة التنظيمية العالية للأراضى الجيرية High Buffering Capacity مما يتطلب معه إضافة كميات كبيرة من هذه الأحماض.

٣- العمل على استخدام أسلوب التسميد الورقى ، أما فى حالة الإضافة الأرضية للأسمدة، فيجب العمل على زيادة كفاءة استخدام الأسمدة ، وتيسر العناصر للنبات، وخاصة الأسمدة النتروجينية والفوسفاتية وتقليل فقد العناصر وخاصة النيتروجين أثناء العمليات الزراعية.

٤- إن عمليات استصلاح الأراضى الجيرية لا تهدف عادة إلى خفض نسبة كربونات الكالسيوم او خفض رقم الـ pH ، بل تشمل عادة استعمال بعض المواد مثل الكبريت والأسمدة ذات التأثير الفسيولوجى الحامضى ، وإضافة المادة العضوية تعتبر وسيلة هامة فى عمليات الخدمة والتسميد لهذه الأراضى مما يساعد على تحسين بيئة النمو، إضافة إلى إختيار المحاصيل الملائمة للأراضى الجيرية . وتشير بعض الدراسات إلى أن النباتات التالية لها القدرة على النمو فى أراضى غنية بكربونات الكالسيوم :-

١- من المحاصيل الحقلية : القمح والشعير والذرة والبقول .

٢- من محاصيل الخضر : الطماطم والباذنجان والفلفل والكوسة والبطيخ .

٣- من أشجار الفاكهة : الزيتون والتين واللوز والكروم والخوخ والكمثرى والرمان والنخيل.

? سؤال محلول :-

سؤال : لماذا يجب استخدام الأسمدة الورقية للعناصر الصغرى فى مزارع الأراضى الجيرية؟

الإجابة : وذلك لأن الإضافات الأرضية لهذه الأسمدة قليل الفائدة نظراً لحدوث ترسيب للصور الذائبة من العناصر الصغرى إلى صور غير ذائبة لايستطيع النبات امتصاصها.

٧-٤ الأراضى الطفلية الصحراوية :

تعريف

الطفلة Taffla ، هى تعبير عربى دارج يطلق على الرواسب الطينية المتماسكة بصفة عامة والتى من الوجهة الجيولوجية تضم عدة أنواع ، منها الحجر الطينى clay stone والحجر الطميى mud stone أو Silt stone وهى أحجار كتلية متماسكة قد تتواجد فوق أو بالقرب من سطح الأرض ، كما تظهر بصفة رئيسية فى المناطق المحيطة بالوادى ودلتا النيل . أما إذا تواجدت على أعماق مختلفة فى باطن الأرض وكانت متصلبة وذات تكوين طبقى فإنها تسمى Shales .

وطبقا لما تم حصره فإن احتياطيات الطفلة ، التى تم تقديرها بواسطة هيئة المساحة الجيولوجية فى مصر حتى الآن ، تبلغ حوالى ١١ مليار طن (جدول رقم ٢٢) وهذا لم يشمل أماكن كثيرة أخرى تتوافر بها الطفلة مثل ما هو متواجد فى غمازة الكبرى (محافظة الجيزة) والمساخيط (الفيوم) ، وشلوفة (الإسماعيلية) ، والدير (قنا) ،

وكوم أمبو (أسوان) ، والطور (جنوب سيناء) ، والخريطة المقدمة بشكل (٤٤) تبين مواقع تواجد الطفلة فى مصر .

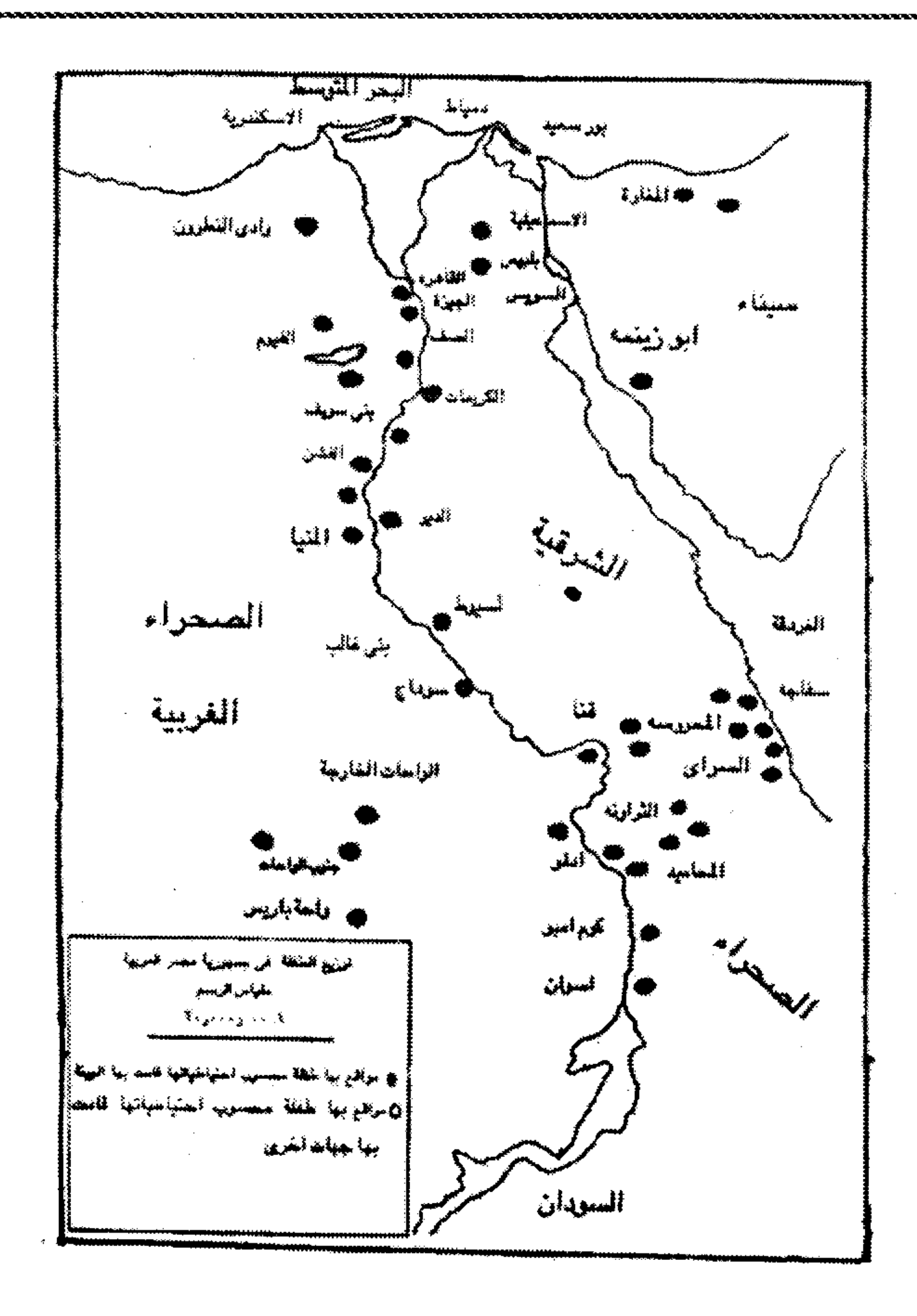
وتختلف الطفلة فى صفاتها الميكانيكية فمنها الغنى بنسبة الطين ومنها الغنى بالرمال والسلت ، كما تختلف فى نوعية معادن الطين السائدة بها . فمنها الغنى بالمعادن المتمددة مثل رواسب البنتونيت Bentonite ، ومنها الطفلة الكاؤولينيتية .

والجدول رقم (٢٣) يقدم التحليل الميكانيكى والكيميائى لبعض أنواع الطفلة المصرية، ويتضح من هذا الجدول أن الرواسب الطفلية فى حد ذاتها قد لا تصلح فى كثير من الأحيان كوسط ملائم لنمو النباتات ؛ لأنه بالإضافة إلى نسب الطين المرتفعة والملتحمة بأكاسيد الحديد والجبس ، تتواجد تركيزات عالية من الأملاح الصودية ، وبجانب ذلك نجد أن نفاذيتها للماء منعدمة تقريبا ، بل إنه فى حالة ظهورها كعروق أو ترسيبات سطحية فى بعض المناطق الصحراوية المستصلحة ، كما هو الحال فى مزرعة ميت أبوالكوم الجديدة (سيناء) ، وأيضا فى بعض مناطق الصالحية (الإسماعيلية) فإنها تسبب أضرارا مباشرة على كل من التربة والنبات - كما أنها تسبب عدم انتظام توزيع المياه نتيجة إعاقة حركة أجهزة الرى المحورية central pivot لانغراس عجلاتها فى المناطق الطفلية ، وتتميز الطفلة بنشاطها السطحى الفعال ، وارتفاع سعتها التبادلية الكاتيونية CEC حيث تتراوح بين ٤٠-٦٠ ملليمكافىء/١٠٠ جم ، وقد يسودها الصوديوم المتبادل حيث تبلغ قيم ESP إلى حوالى ٥٦٪ ، ولكن يمنع ظهور خواصها القلوية ، من تفرقة ولزوجة ، وجود تركيزات عالية من الأملاح الكلية الذائبة .

جدول رقم (٢٢): احتياطى رواسب الطفلة الصحراوية فى بعض مناطق مصر

المحافظة	الموقع	الاحتياطى	
		مليون طن	مليون متر مكعب
القاهرة الكبرى	مصر - السويس ك ٣٥	٤٥	٢٣
	وادى الحى	١٥٦	٧٨
	القطامية	٣٠	١٥
	كفر حميد	٦٤	٣٢
الشرقية	بلبيس	٨٠	٣٩
البحيرة	وادى النطرون	٢٢	١١
	مصر - إسكندرية	٥٦٠	٢٨٠
	بودره	١٠٨	٥٤
سيناء	شقلوفة	٤٠	٢١
الفيوم	كوم أوسيم	٣٢	١٥
	قصر الصاغة	٥	٣
	جبل المرير	٩٠	٤٥
المنيا	البهنساوى	٩٠٠٠	٤٥٠٠
قنا	المحروسة	٤٤	٢١
أسوان	أبو الريش	٩	٤

المصدر : هيئة المساحة الجيولوجية المصرية



شكل رقم (٤٤) :خريطة تبين أماكن تواجد الطفلة فى جمهورية مصر العربية

جدول رقم (٢٣) : التحليل الميكانيكى والكيميائى لبعض أنواع الطفلة المصرية

الموقع / التحليل	المعادى	قطامية	قصر الباسل (فيوم)	قصر الصاغة (فيوم)	الخطاطبة	بلبيس
الطين ٪	٢٦	٧٤	٤٥	٧٥	٢٤	٥٥
سلت ٪	٢٥	١٢	٢١	١٠	٦	١١
رمل ناعم ٪	٣٧	١٤	٤	٧	٤١	٢٨
رمل خشن ٪	١٠	١	١	٣	٢٨	٦
كربونات كالسيوم ٪	١,٥	١	٣٩	٥	١	١
مادة عضوية ٪	٠,٢٥	٠,٢٣	٠,٧٤	٠,٤٨	٠,٢٠	,١٢
جبس	ضفر	صفر	صفر	١,٠٠	١٦	–
رقم PH	٧,٢	٨,٢	٨,١	٨,٢	٦,٩	٧,٩
توصيل كهربى (ديسى سمنز / متر)	٤,٧	١١,٦	١٠,٥	٨,٠	٥٦,٦	١٠,٢
CEC (ملليمكافئ / ١٠٠ جم)	٢٢	٤١	٣٢	٤٤	٣٠	٤٢
الأيونات الذائبة (ملليمكافئ/ ١٠جم)						
Ca^{++}	٨,١	٢,٩	٢,٩	٨,٤	٥٧,٢	٧,٨
Mg^{++}	٤,٤	٤,٢	١,٩	٥,٥	٨٢,٨	٧,١
Na^{+}	٢٦,٠	١٤٢,٦	٧٥,٠٠	٥٥	٧٤٣,٨	١٢٥,٦
K^{+}	٠,٣	٠,٤	١,١	١,٦	٢,٢	٠,٢
HCO_3^-	١,٤	١,٢	٢,٣	٠,٩	٤,٢	١,٤
Cl^-	٣٤,٢	٨٨,٢	٨٢,٤	٣٩,٤	٥١٨,٦	٥٩,٩
$SO_4^{=}$	٤,٩٠	٦٠,٣	٢,٩	٢٢,٨	٣٦٣,٢	٧٩,٤
SAR	٢١	٧٥	٤٢	٣٥	٩٠	٤٦

- النقاط التى يجب مراعاتها عند استخدام الطفلة فى إصلاح الأراضى الرملية :

مما سبق عرضه وقبل التفكير فى الاستفادة من الطفلة الصحراوية فى مجال إصلاح الأراضى الرملية لابد من إجراء ما يلى :-

١- إجراء مسح عن أماكن تواجد الطفلة والعمق الذى تتواجد عنده.

٢- إجراء التحليل الكيميائى لها ، وذلك لتحديد مستوى تواجد الأملاح الذائبة ، والجبس، وكربونات الكالسيوم .

٣- إجراء التحليل الميكانيكى لها .

٤- تحديد التركيب المعدنى لهذه الطفلة .

وبعد التأكد من سلامة صفات وخواص هذه الطفلة ومطابقة معايير استخدامها فى تحسين الأراضى الرملية ، فإنه يمكن استخدامها كمحسنات جيدة لهذه الأراضى ، ولقد أثبتت بعض التجارب التى استخدمت فيها طفلة قصر الصاغة (الفيوم) ، والغنية بالبنتونيت، حدوث تحسن كبير فى نسبة الماء الميسر ، وكذلك زيادة قدرة الأرض على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية نتيجة زيادة سعتها التبادلية الكاتيونية مقارنة بأرض رملية لم تضاف إليها الطفلة .

٧ - ٥ ملخص الباب السابع

* تفتقر الأراضى الرملية إلى العناصر الغذائية وكذلك قلة احتفاظها بالماء ، وذلك نتيجة قلة النشاط السطحى لحبيباتها التى تتكون من معادن إطارية متوازنة كهربائيا ، ولا تتعدى السعة التبادلية الكاتيونية لها ١٠ ملليمكافىء/١٠٠جم ، ولها رقم pH مرتفع نسبيا ويبلغ ٥ر٩ خاصة عند انخفاض تركيز الأملاح بها ، وتنعدم تقريبا السعة التنظيمية لها .

* تتحلل المواد العضوية بسرعة شديدة فى الأراضى الرملية وبتكرار الإضافة يمكن أن ترتفع المادة العضوية من ٣٠ر٠٪ إلى ٢٧ر٠٪ وهذه النسبة المنخفضة تعمل على زيادة النشاط الكيميائى للأراضى ، وخاصة الطبقة السطحية منها .

* للتغلب على المشاكل الكيميائية للاراضى الرملية ، يجب إدخال أسمدة نيتروجينية بطيئة الذوبان مثل اليوريافورمالدهيد أو الثيويوريا إذا توافرت ، مع تجنب استخدام أسمدة النترات والتركيز على التسميد الورقى للعناصر الصغرى .

* تتميز الأراضى الرملية بإمكانية استخدام نوعيات رديئة نسبيا من مياه الرى ، أى ذات التركيزات العالية من الأملاح وذات قيم SAR مرتفعة ، فى رى هذه الأراضى لضعف تأثيراتها الكيميائية من ناحية ، ولعدم مكثها فى الأرض وسهولة صرفها من ناحية أخرى .

* تعتبر الأراضى جيرية إذا تعدت نسبة كربونات الكالسيوم بها ٨ - ١٠ ٪ ، ويسود تركيبها المعدنى معادن الكربونات بأنواعها مثل الكالسيت والدولوميت والكالسيت المغنسيومى الذى يتكون من تفاعل الكالسيت مع مياه البحار الغنية بالمغنسيوم ، هذا بجانب تواجد معدن السيدريت .

* تسود معادن الطين الليفية فى الأراضى الجيرية ، وهذه المعادن يمثلها الأتابولجيت الذى يتصلب بشدة عند الجفاف ويلعب دورا فى تصلب القشرة السطحية ، هذا بالإضافة إلى أن القنوات الداخلية لهذه المعادن قد تعمل على تثبيت البوتاسيوم .

* يلعب غاز ثانى أكسيد الكربون دورا رئيسيا فى تحديد الصفات الكيميائية للأراضى الجيرية ، وخاصة رقم ال pH لها والذى يبلغ تحت الضغط العادى لغاز CO_2 حوالى ٣ر٨ ثم ينخفض بزيادة ضغط CO_2 نتيجة تنفس جذور النبات والكائنات الدقيقة

وتحلل المادة العضوية .

* تثبيت الفوسفات فى الأراضى الجيرية من أكبر المشاكل التسميدية ، حيث تتحول الفوسفات ألاحادية الذائبة ($H_2PO_4^-$) إلى فوسفات ثلاثى الكالسيوم $Ca_2(PO_4)_2$ مترسبة .

* يقل تيسر الحديد لامتصاص النبات نتيجة ترسبه على صورة كربونات ، ما تلبث أن تتحلل تتكون أكاسيد الحديد شحيحة الذوبان ، وهذا يؤدى إلى ظهور أعراض نقص الحديد chlorosis على مزروعات الأراضى الجيرية .

* تتفاعل الأراضى الجيرية مع الأسمدة النشادرية مما يؤدى إلى تطاير وفقد النيتروجين على صورة غاز نشادر نتيجة رقم ال pH المرتفع نسبيا لهذه الأراضى ، مما يؤدى إلى فقد ٥٠ ٪ من الأسمدة المضافة .

* الكربونات النشطة هى حبيبات معادن الكربونات ذات النشاط السطحى العالى ، والتى تتركز أساسا فى حبيبات السلت والطين ، وتظهر أعراض نقص الحديد إذا تعدت نسبتها فى الأرض عن ١٠ ٪ ، وهذا ما يحدث فى أراضى شمال التحرير والعامرية وبرج العرب.

* التقشر السطحى فى الأراضى الجيرية يحدث نتيجة لتضافر العوامل الكيميائية والمعدنية – كما أن لماء الرى تأثيرات كيميائية هامة من خلال قيم SAR ، حيث يجب ألا تقل ملوحته عن ١٣٠ جزءاً فى المليون ولا تزيد قيم SAR بها عن ١٠ .

* يمكن مقاومة التقشر السطحى فى الأراضى الجيرية بإضافة أحماض الفوسفوريك والكبريتيك إذا توافرت ، وكذلك استخدام أملاح الحديد والألومنيوم وخاصة المتوافرة كنواتج ثانوية من بعض الصناعات المعدنية .

* تعتبر الرواسب الطفلية الصحراوية من الثروات التى يجب استغلالها زراعيا سواء باستزراعها أو باستخدامها فى استزراع الأراضى الرملية .

٧ - ٦ أسئلة الباب السابع [?]

١- عرف الأراضى الصحراوية ، ثم اذكر أنواعها .

٢- اكتب نبذة مختصرة عن :

معادن الكربونات - الأفق الجيرى - الأسمدة النتروجينية بطيئة الذوبان - الكربونات النشطة - التقشر السطحى - ظاهرة الاصفرار - كربونات الصوديوم المتبقية .

٣- ما هى أهم المشاكل الكيميائية للأراضى الرملية وطرق التغلب عليها ؟

٤- عرف الأراضى الرملية . واذكر أماكن تواجدها فى مصر .

٥- " تعتبر الأراضى الرملية قليلة الحساسية للنوعيات الرديئة من مياه الرى " اشرح المقصود بهذه العبارة .

٦- ما هى أهم النقاط الواجب مراعاتها عند استغلال الأراضى الرملية من وجهة نظر خواصها الكيميائية ؟"

٧- عرف الأراضى الجيرية من ناحية تركيبها الكيميائى والمعدنى وأماكن تواجدها فى مصر .

٨- كيف يؤثر تواجد معدن طين الأتابولجيت فى الأراضى الجيرية على خواصها الفيزيائية والكيميائية ؟

٩- " يلعب ضغط غاز ثانى أكسيد الكربون دورا هاما فى التحكم فى رقم pH الأراضى الجيرية " وضح ذلك .

١٠- اكتب المعادلات الكيميائية التى تعبر عن ترسيب الفوسفات الذائبة فى الاراضى الجيرية، وكيفية التغلب عليها .

١١- كيف تعمل كربونات الكالسيوم على ترسيب مركبات الحديد فى الأراضى الجيرية ، اشرح ذلك مستعينا بالمعادلات ؟

١٢- يعتبر فقد الأمونيا من أهم مشكلات الأراضى الجيرية ، اشرح أسباب ذلك مستعينا بالمعادلات الكيميائية .

١٣- عرف الكربونات النشطة ومصدرها فى الأرض الجيرية ، وما يترتب على زيادتها من مشاكل . وما هى المناطق التى تزداد بها فى مصر ؟

١٤- ما هى العمليات الكيميائية التى تساهم فى تكوين القشرة السطحية فى الأراضى الجيرية ؟ وما هى الطرق الكيميائية للتغلب عليها ؟ مستعينا كلما أمكن بالمعادلات.

١٥- عرف الطفلة ، ثم اذكر أهم صفاتها ، وكيف يمكن استغلالها زراعيا .

١٦- علل لما يأتى :-

أ - ارتفاع رقم ال pH فى الأراضى الرملية غير الملحية .

ب - فقر الأراضى الصحراوية فى العناصر الغذائية .

ج - تواجد بعض الطبقات الصماء فى مقطع الأراضى الجيرية .

د - ارتفاع رقم حموضة الأراضى الجيرية المغنيسية عن الكلسية تحت نفس الظروف .

هـ - قلة استفادة النبات من التسميد الفوسفاتى للأراضى الجيرية .

و - التسميد بصخر الفوسفات فى بعض الأراضى رغم قلة ذوبانه .

ز- تطاير النشادر من الأراضى الجيرية عند تسميدها بسلفات النشادر .

ح - حدوث ظاهرة الاصفرار فى الأراضى الجيرية .

ط - استخدام التسميد الورقى فى الأراضى الصحراوية .

القسم السادس

ويشمل :

الباب الثامن : - مهيئات التربة

الباب التاسع :- مخلفات الصرف الصحى والمادة المستخدمة فى زراعة الاراضى الصحراوية



الباب الثامن

مهيئات التربة

Soil Conditioners

الأهداف :

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون الدارس قادراً على أن :

١- يعرف المفاهيم العلمية الواردة بهذا الباب بدون أخطاء .

٢ - يعبر بالمعادلات الكيميائية عن التفاعلات الكيميائية الواردة بهذا الباب بدون أخطاء.

٣ - يذكر أهمية مهيئات التربة فى تعديل صفات الأراضى الصحراوية .

٤ - يحدد المواصفات الواجب توافرها فى المهيئات حتى تؤدى وظيفتها فى تحسين الأراضى الصحراوية بكفاءة.

٥ - يذكر أنواع المهيئات الكيميائية المخلقة والمتداولة فى السوق.

٦ - يكتب أسماء أهم المهيئات الصناعية للتربة ورموزها الكيميائية والنباتية .

٧ - يفرق بين قوى ارتباط المهيئات فى التربة .

٨ - يصنف الأنواع المختلفة لمهيئات التربة من الوجهة الكيميائية .

٩ - يذكر الميكانيكيات المختلفة لعمل المهيئات المتعادلة والكاتيونية والأيونية .

١٠- يشرح ميكانيكية ارتباط مادتين إحداهما من نوع Polycations والأخرى من نوع Polyanions مع أسطح حبيبات التربة.

١١ - يحدد العوامل المؤثرة على كفاءة مهيئات التربة .

١٢- يقارن بين كمية مادة المهيئ التى يمكن أن تدمص فى أرضين يسود إحداهما المونتموريلليت والأخرى يسودها الكاولينيت

١٣- يفسر الخصائص والظواهر المختلفة المتعلقة بجزيئات التربة التى وردت بهذا الباب .

١٤- يحدد أنواع المهيئات المناسبة لكل نوع من أنواع الأراضى.

العناصر :

١- مقدمة .

٢- مواصفات مهيئات التربة وصيغها الكيميائية .

٣- قوى ارتباط المهيئات فى التربة .

٤- ميكانيكية عمل المهيئات .

٥- العوامل المؤثرة على كفاءة مهيئات التربة .

٦- تأثير المهيئات على خواص التربة وانعكاسه على نمو النباتات .

٧- ملخص الباب الثامن .

٨- أسئلة الباب الثامن .

الباب الثامن
مهيئات التربة
Soil Conditioners

٨ - ١ مقدمة :

تعتمد معظم التفاعلات التى تتم فى التربة، أساسا ، على السطوح النشطة لمكونات التربة، ويمكن تعديل نظام توزيع هذه السطوح فى التربة عن طريق استخدام مواد تشجع التحام الحبيبات المنفردة فى التربة الرملية مكونة تجمعات ثابتة تعمل على تحسين كثير من الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة، وهذه المواد إما أن تكون مواد طبيعية Natural مثل المادة العضوية فى مراحل تحللها المختلفة (وقد سبق استعراضها فى الباب الثالث)، وإما مواد مخلقة Synthetic ويطلق عليها جميعها مهيئات التربة.

تعريف

مهيئات التربة Soil conditioners هى مواد طبيعية عضوية أو كيميائية مخلقة، تضاف إلى الأرض لتعديل صفاتها وتشجيع على تكوين التجمعات الأرضية الثابتة ، عن طريق تفاعلها مع سطوح حبيبات التربة وربطها مع بعضها البعض.

وتظهر أهمية استخدام مهيئات التربة فى عملية التكثيف الزراعى والتوسع الأفقى للاعتبارات التالية:

١- التناقص الواضح فى المخلفات العضوية الحيوانية (الأسمدة العضوية) Animal manures ، وكذلك النقص فى البقايا النباتية الملائمة لتحضير كومات السماد Composts.

٢- المهيئات المخلقة لها تأثير مماثل للمركبات العضوية الطبيعية فى عملية تكوين وثبات تجمعات التربة ، بل قد تزداد كفاءتها عند توافر الظروف المناسبة لتفاعلها مع سطوح حبيبات التربة.

٣- معظم المهيئات المخلقة كيميائيا لها مقاومة نسبية للتحلل الميكروبى إذا ما قورنت بالمادة العضوية الطازجة ، مما يؤدى إلى ثبات التجمعات الأرضية الناشئة عنها.

٤- ظهور العديد من المهيئات المخلقة كيميائيا فى الأسواق وسهولة الحصول عليها نتيجة التطور فى الصناعات البتروكيميائية.

ونظرا لأن مصر تقوم حاليا بعملية واسعة لغزو الصحراء، والتى تشتمل فى الاساس على أراضٍ رملية وجيرية، فإن أهمية العمل على تشجيع تكوين التجمعات الأرضية Aggregates فى أراضى التوسع تبدو أساسية، ويعتقد أن استخدام المهيئات المخلقة للتربة هو أحد الطرق لتحقيق هذا الغرض، وذلك عندما تصل تكلفتها إلى الحد الإقتصادى.

٨-٢ مواصفات مهيئات التربة وصيغها الكيميائية :

يجب أن تكون مهيئات التربة ذات مواصفات خاصة، يمكن إيجازها فيما يلى:-

١- مواد لها فعل لاحم مماثل للسكرات العديدة، والصموغ العديدة اليورونيدات، ذات النشأة الطبيعية.

٢- مواد متجانسة وقابلة للذوبان فى الماء ، أو تكون مستحلبات ثابتة نسبيا ليسهل إضافتها للأرض وتوزيعها بطريقة منتظمة.

٣- مواد تنتج تجمعات ثابتة فى الماء، وهذا يتطلب عدم ذوبانها فى الماء، بعد تفاعلها مع حبيبات التربة .

٤- مواد ذات مقاومة مناسبة للانحلال الميكروبى، أو ذات معدل انحلال بطىء جدا يضمن لها الاستمرارية المناسبة فى التربة، وهذا يتطلب أن تكون ذات وزن جزيئى كبير جدا

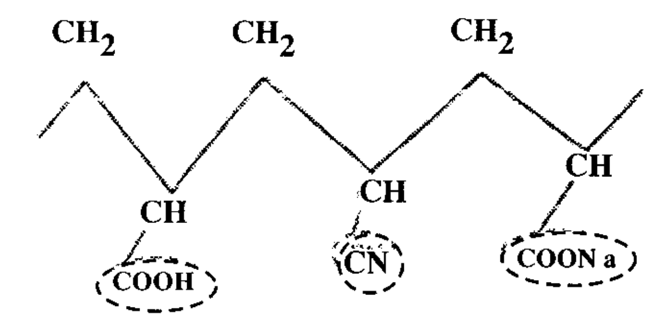
٥- مواد غير سامة سواء للنبات أو الحيوان، وكذلك تكون نواتج تحللها غير سامة أيضا.

٦- مواد لا تؤثر فى توازن أعداد ميكروبات التربة، أو تؤخر نمو البكتيريا المثبتة للنيتروجين ، أو تثبط من عملية النترتة Nitrification process ، بل على العكس من ذلك ، يجب أن تنشط هاتان العمليتان عن طريق تحسين تهوية التربة.

٧- مواد لا يكون لها أى تأثيرات عكسية على العناصر الغذائية، سواء الكبرى أو الصغرى منها، الهامة أو الضرورية لنمو النباتات، بل يجب أن تزيد من احتفاظ التربة بها فى صور ميسرة.

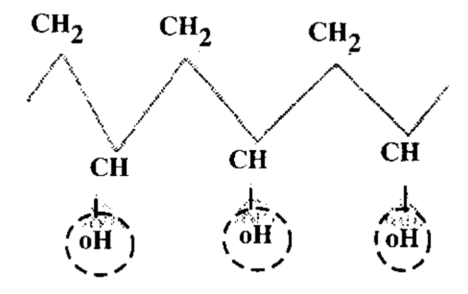
ومن المهيئات الكيميائية المخلقة والمتداولة فى الأسواق ، نسرد منها ما يلى:
أجروسوك - باساميد محبب - إيروسل - فلوتال - يوريسول - رابح، والأخير مازال تحت الاختبار على نطاق التطبيق العملى فى مصر.

وإذا نظرنا إلى التركيب الكيميائى لمعظم مهيئات التربة المعروفة تجاريا ، نجد أنها عبارة عن مواد يعتمد تركيبها على صيغ Hydrolysed polyacrylonitrile (HPAN) .



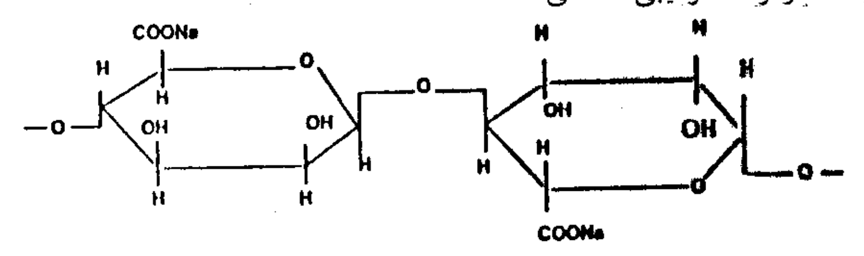
وهى سلسلة هيدروكربونية تحتوى على العديد من المجموعات الفعالة من نوع الكربوكسيل ، والنيتريل ، والتى عن طريقها يتم التفاعل مع أسطح مكونات التربة.

وتحتوى أيضا على العديد من المهيئات المعروفة تجاريا على مركب كحول البولى فينيل Polyvinyl alcohol (PVA)



حيث يتم التفاعل مع أسطح حبيبات التربة عن طريق مجموعات الهيدروكسيل النشطة، ويصل الوزن الجزيئى له إلى ٥٠ ألفا ويمكن الوصول إلى أضعافه عن طريق التكثيف.

وهناك ايضا مركب ألجينات الصوديوم Sodium alginate (ALG) وهو يتكون من وحدات رمزها التركيبى كالتالى:-



وهو جزىء يصل وزنه الجزيئى الى ٢٠٠ ألف ، ويحتوى على مجموعات الكربوكسيل والفينول ، ويمكن تلخيص الصيغ الكيميائية لأهم مهيئات التربة والمخلقة فى الجدول رقم (٢٤).

جدول رقم (٢٤) : الأسماء والرموز الكيميائية والبنائية

لأهم المهيئات الصناعية للتربة

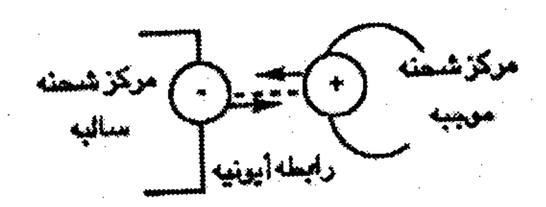
الرمز البنائى	الرمز التجارى	الاسم
CH_2 CH_2 CH_2 CH CH CH OH OH OH	PVA	كحول البولى فينيل
CH_2 CH_2 CH_2 CH CH CH O O O $COCH_3$ $COCH_3$ $COCH_3$	PVAc	خلات البولى فينيل
CH_2 O CH_2 CH_2 O CH_2 CH_2 O CH_2	PEG	ايثيلين جليكول متعدد
CH_2 CH_2 CH_2 CH CH CH $CONH_2$ $CONH_2$ COONa	PAM	بولى اكريلاميد
CH_2 CH_2 CH_2 CH CH CH COOH COOH COOH	PAA	حمض بولى اكريليك
CH_2 CH_2 CH_2 CH CH CH COOH CN COONa	HPAN	بولى اكريلونيتريل متحلل مائيا

٨-٣ قوى ارتباط المهيئات فى التربة

عند إضافة المهيئات إلى التربة تحدث تفاعلات مع سطوح حبيبات التربة تسمى تفاعلات سطحية Surface reactions ، وتتكون نتيجة لذلك روابط بين جزىء المهيىء وسطح الحبيبة، وتختلف هذه الروابط فى طبيعتها ونوعها ويمكن ذكر أهم تلك الروابط فيما يلى:-

١- رابطة أيونية Ionic bond

وتنتج من تجاذب مركز شحنة سالبة مع آخر موجب الشحنه ، وتسمى أيضا قوى كولومب ، وتتناسب قوة الرابطة مع مربع المسافة بين مركزى الشحنتين فى كل من سطح الحبيبة وجزىء المهيىء ، ويتضح ذلك من التخطيط التالى:-

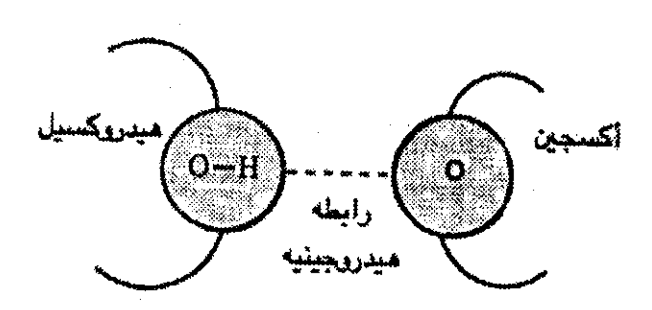


٢- رابطة تساهمية Co-ordinate bond

وفيها يتم التكامل بين إلكترونات المدار الأخير لذرتين إحداهما مانحة للإلكترونات Donor والأخرى مستقبلة لها Acceptor ، وتتكون كل رابطة من زوج من الإلكترونات ومثال ذلك رابطة جزىء الأوكسجين كما يلى:

٣- رابطة هيدروجينية Hydrogen bond

وهى رابطة تتكون عند تجاور مجموعة هيدروكسيل مع ذرة أكسجين كما فى التخطيط التالى:-



٤- رابطة فان ديرفال Van der Waals bond

وهى رابطة فيزيائية، ينتج عنها التصاق جزيئات المادة الواحدة Cohesion أو جزيئات المواد المختلفة Adhesion ، وتزداد أهميتها فى الجزيئات كبيرة الحجم ذات الوزن الجزيئى الكبير ، حتى وإن كانت متعادلة الشحنات ، وتختلف شدة الرابطة Bond strength باختلاف نوعها ، فأقوى الروابط هى الرابطة الأيونية وأضعفها هى الرابطة الهيدروجينية ، وذلك عند المقارنة على أساس شدة الرابطة فى المول الواحد، ويظهر ذلك جليا فى الجدول رقم (٢٥) .

جدول رقم (٢٥) : شدة الروابط الكيميائية (كيلو كالورى/ مول)

نوع الرابطة	مثال	شدة الرابطة (كيلو كالورى / مول)
أيونية	Li ...F	٢٣٩
أيونية جزئيا	C - H O - H	٨٧ ١١٠
تساهمية	C - C H - H	٥٩ ١٠٣
هيدروجينية	F - H ... F O - H ... O	٧,٦ ٤,٥
فان دير فال	حوالى ١ كيلو كالورى لكل رابطة واحدة	

٨-٤ ميكانيكية عمل المهيئات Mechanisms of conditioning

عند استعراض الأنواع المختلفة لمهيئات التربة نجد أنها ، من الوجهة الكيميائية يمكن تقسيمها إلى المجموعات التالية:-

أ- **مركبات ذات جزيئات متعادلة كهربائيا** وذات وزن جزيئى كبير ولا تنقسم فى الماء وتظهر جزيئاتها الخواص القطبية Polar molecules ، أى تتركز التأثيرات الموجبة فى أحد جوانب الجزىء ، بينما تتركز التأثيرات السالبة فى الجانب الآخر من نفس الجزىء .

ب- **مركبات اليكتروليتية متعددة Polyelectrolytes**: وهى مركبات تحتوى على مجموعات فعالة يمكن أن تتأين فى محاليلها منتجة نوعين من المركبات هى:-

١- **مركبات عديدة الكاتيونات polycations**: وفيها تشتمل السلسلة الهيدروكربونية على مواقع موجبة الشحنة تعمل كمواقع كاتيونية، كما يحدث فى مجموعة الأمين $R\text{-}NH_2$ حين تجتذب بروتونا وتتحول إلى مجموعة موجبة $R\text{-}NH_3^+$.

٢- **مركبات عديدة الأنيونات polyanions**: وفيها تشتمل السلسلة الهيدروكربونية على مجموعات فعالة تعطى مواقع سالبة الشحنة عند انقسامها ، كما يحدث فى مجموعة الكربوكسيل R-COOH التى تنفصل منها ذرة الهيدروجين لتصبح $R\text{-}COO^-$ التى تعمل كمواقع أنيونية.

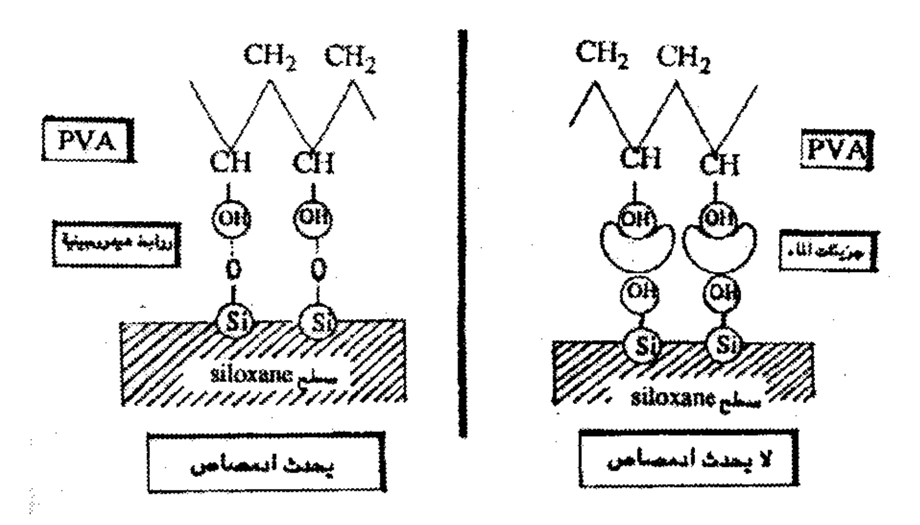
وتختلف ميكانيكية عمل المهيئات المخلقة تبعا لاختلاف نوعية مركباتها وما إذا كانت ذات جزيئات متعادلة أم أنها اليكتروليتات متعددة ، وفيما يلى نستعرض اهم هذه الميكانيكيات :-

أولا:- ادمصاص الجزيئات المتعادلة:

تدمص المركبات ذات الجزيئات المتعادلة على سطوح حبيبات التربة بواسطة الروابط الهيدروجينية وقوى فان ديرفال .

ولقد وجد أن طبيعة السطوح القائمة بالادمصاص لها تأثير كبير على درجة ادمصاصها للمهيىء ، حيث إن كحول البوليفينيل (PVA) يدمص بشدة على الأسطح السليكاتية غير المتأدرتة والتى بها مجموعات Si - O أو Siloxane group ، بينما

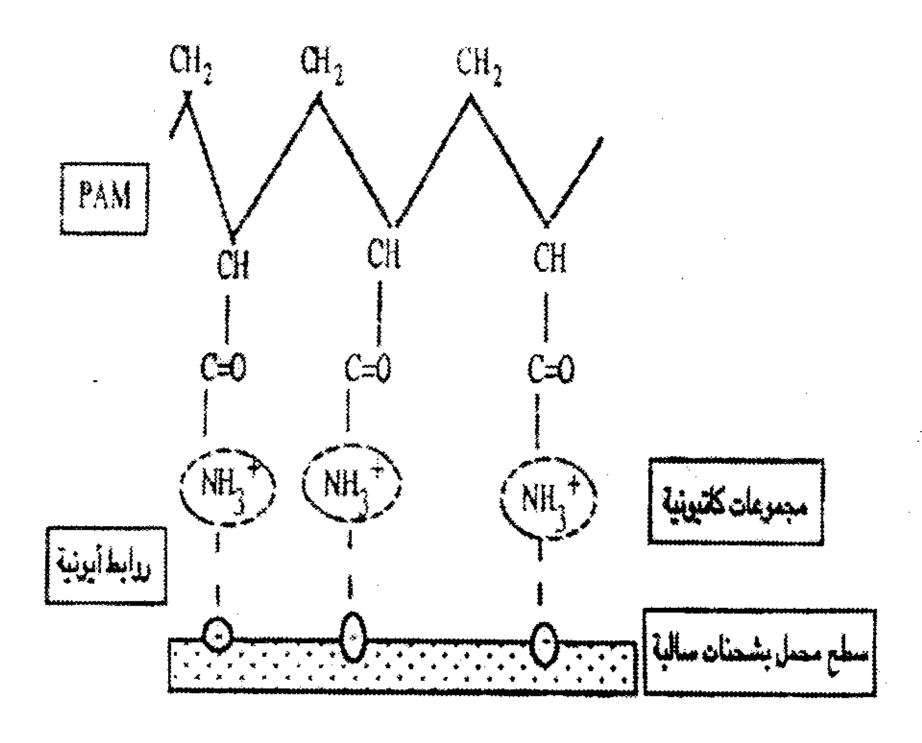
لا يدمص نفس المركب على الأسطح السليكاتية المتأدرتة ذات مجموعات Si -OH أو Silanole group، ويرجع ذلك إلى سهولة تكون الرابطة الهيدروجينية فى الحالة الأولى وعدم تكونها فى الحالة الثانية لوجود جزيئات ماء تأدرت مدمصة بشدة تمنع من تكون رابطة هيدروجينية مباشرة مع PVA كما فى المخطط التالى:-



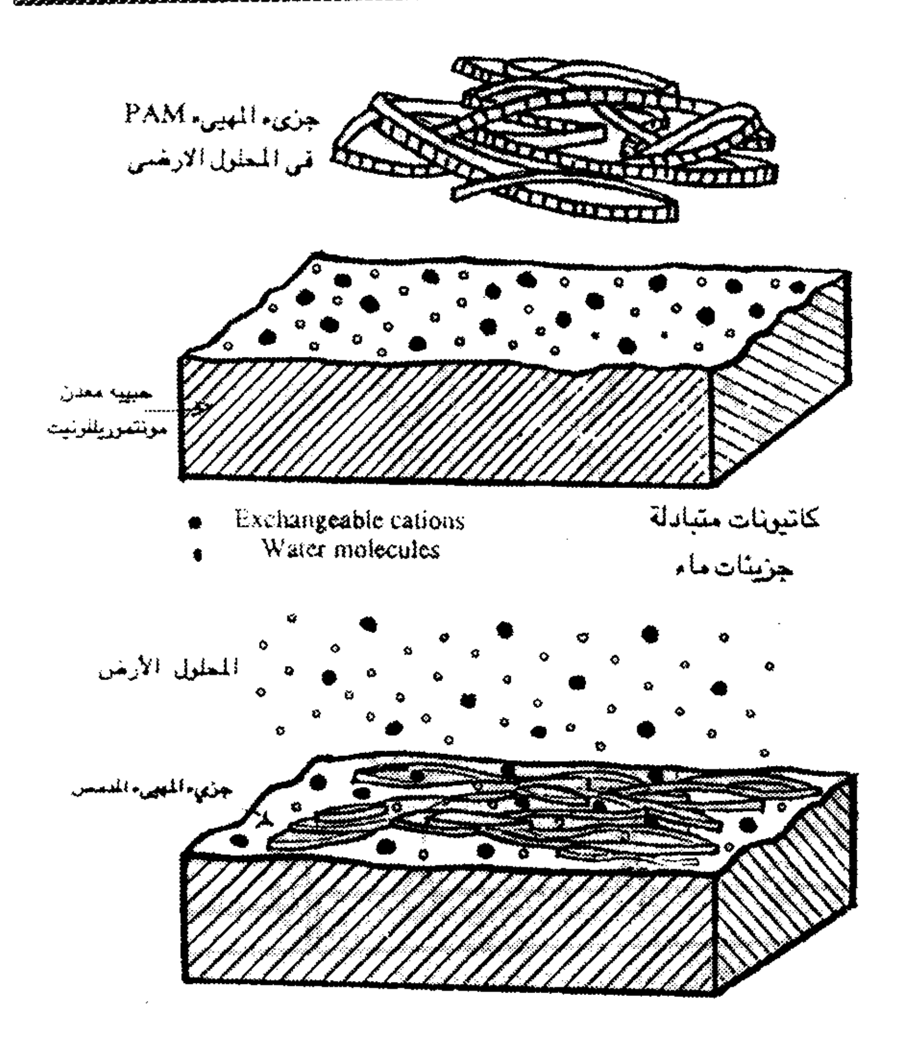
كما لا يدمص PVA على السطوح الهيدروكسيلية الأخرى مثل AL أو Fe-OH أو Mg-OH لنفس السبب ، وهو ما يفسر قلة ادمصاص كحول البوليفينيل على سطوح معادن طين الكاؤلينيت ذات الطبيعة الهيدروكسيلية (راجع الباب الثانى) .

ثانيا:- ادمصاص المركبات عديدة الكاتيونات:

تدمص المركبات الكاتيونية المتعددة Polycations على أسطح معادن التربة ذات الشحنة السالبة بواسطة تفاعلات التبادل الكاتيونى، حيث تحل هذه المركبات محل الكاتيونات المتبادلة وتتكون روابط أيونية أو إلكتروستاتيكية بين مراكز الشحنات المتضادة، ومن أمثلة ذلك ادمصاص مركب البولى إكريلاميد PAM على أسطح معدن المونتموريللونيت المحمل بالشحنة السالبة نتيجة للإحلال المتماثل فى شبكته البللورية كما يظهر فى التخطيط التالى:-



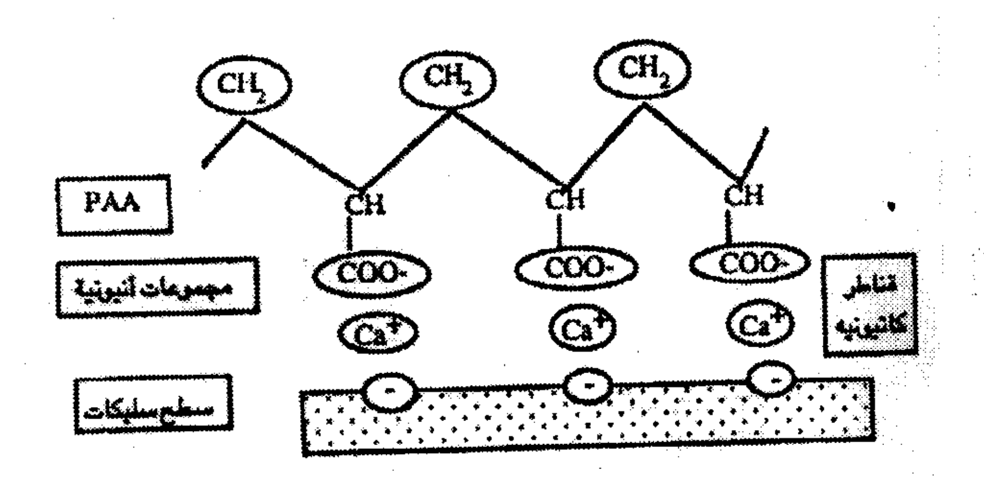
ويلاحظ أنه عند ادمصاص PAM على أسطح معدن المونتموريللونيت يحدث انطلاق للكاتيونات التى كانت متبادلة على سطح المعدن ويتضح ذلك من الشكل رقم (٤٥) .



شكل رقم (٤٥): شكل تخطيطى يبين انطلاق الكاتيونات المتبادلة وجزيئات الماء المدمصة على سطح معدن طين المونتموريللونيت عند ادمصاص جزىء المهيىء PAM.

ثالثا:- ادمصاص المركبات عديدة الأنيونات :

لا يحدث ادمصاص مباشر للمركبات الأنيونية المتعددة polyanions على أسطح معادن السليكات سالبة الشحنة، ويرجع ذلك إلى التنافر الحادث بين الشحنات السالبة المتشابهة فى كل من المركبات الأنيونية والسطوح السالبة، ولكى يحدث ادمصاص للأنيونات العديدة فلابد من تواجد كاتيونات عديده مدمصة على الأسطح السالبة والتى تعمل ككبارٍ أو قناطر كاتيونية Cationic bridges تصل بين المهيىء وسطح معدن الطين. ويطلق عليها فى هذه الحالة Cross- linkers ، ومثال ذلك ادمصاص حمض بولى أكريليك PAA على أسطح المونتموريللونيت المشبع بالكالسيوم كما بالمخطط التالى:

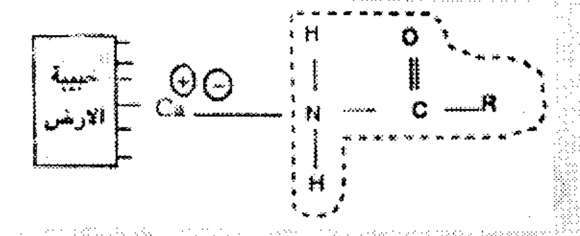


وقد يحدث ادمصاص محدود للأنيونات المتعددة بصورة مباشرة على المواقع الموجبة، التى قد توجد على الأحرف الرأسية لحبيبات المعادن، كما يحدث الادمصاص المباشر لها فى الأراضى الغنية بأكاسيد الحديد والألومنيوم ، والتى تتميز حبيباتها بالشحنات الموجبة وارتفاع التبادل الأنيونى لها (راجع الباب السادس) .

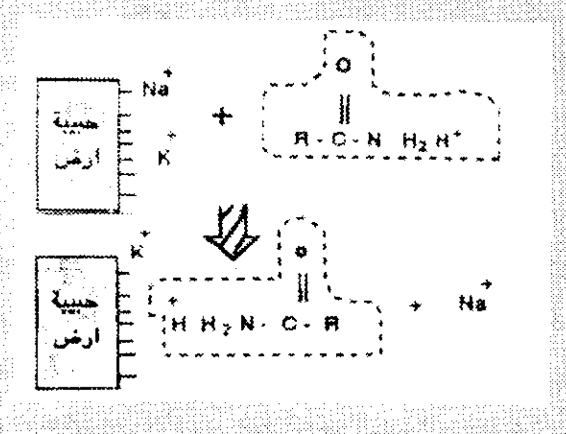
? سؤال محلول :-

سؤال - ما هى ميكانيكية ارتباط مادتين إحداهما من نوع Polycations ، والاخرى من نوع Polyanions مع أسطح حبيبات التربة ؟

الإجابة - تختلف ميكانيكية الارتباط بين المهيىء وبين أسطح حبيبات التربة على حسب نوع المهيىء نفسه ، فالمركبات من نوع Polyanions مثل PAA ترتبط عن طريق قناطر من الكاتيونات عديدة التكافؤ كما فى التخطيط التالى:-



أما المهيئات من نوع Polycations مثل PAM فيتم ارتباطها مع الأسطح السالبة لحبيبات التربة عن طريق التبادل الكاتيونى كما يلى :-



٨-٥ العوامل المؤثرة على كفاءة مهيئات التربة:

١- نوع التربة وتركيبها المعدنى:

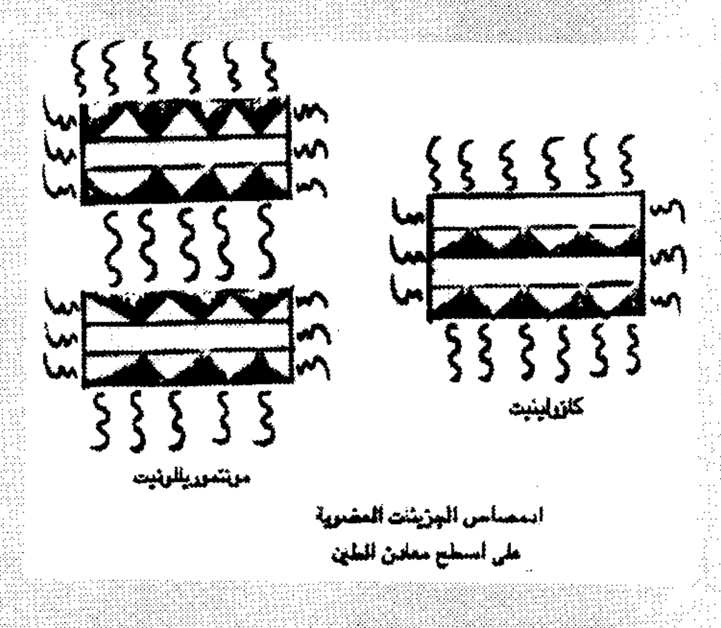
تختلف كفاءة المهيىء ونوعه حسب اختلاف التربة المراد تعديل خواصها، فالأراضى الرملية تحتاج إلى مهيىء من النوع المحب للماء ويكون أيضا عديد الكاتيونات Polycations حتى يعمل على تعديل الصفات المائية والاحتفاظ بالعناصر الغذائية، أما الأراضى الجيرية وأيضا تلك المحتوية على نسب ملحوظة من الأكاسيد السداسية فيناسبها مهيىء عديد الأنيونات Polyanions حتى يمكنه الارتباط بقوة مناسبة تؤدى إلى تكوين تجمعات ثابتة فى هذه الأراضى.

كما يؤثر التركيب المعدنى على كمية المهيىء المدمصة، فالأراضى المحتوية على الكاؤولينيت تدمص كميات قليلة من المهيىء إذا ما قورنت بتلك التى يسودها معدن المونتموريللونيت (شكل رقم ٤٦) .

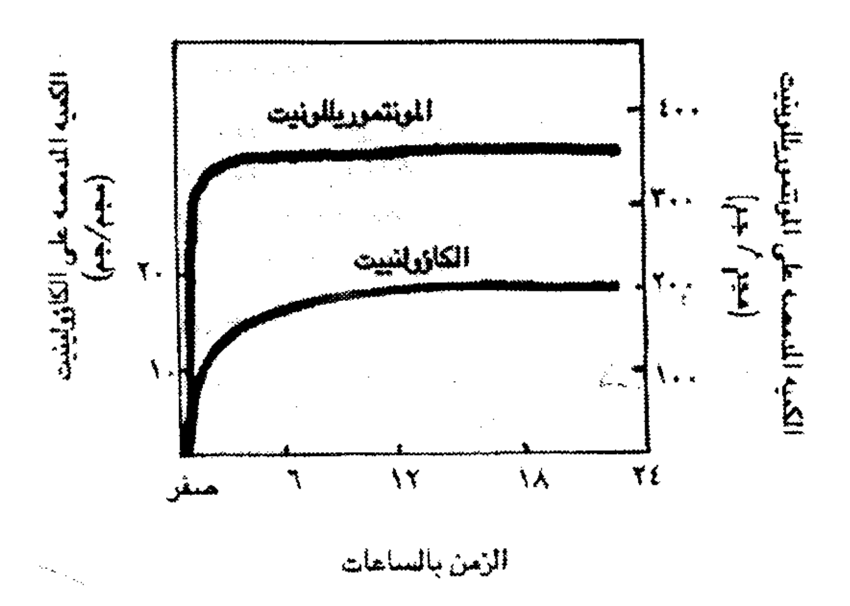
سؤال محلول :-

سؤال - قارن بين كمية مادة المهيىء التي يمكن ان تدمص فى أرضين يسود احداهما المونتموريللونيت والأخرى يسودها الكاؤلينيت .

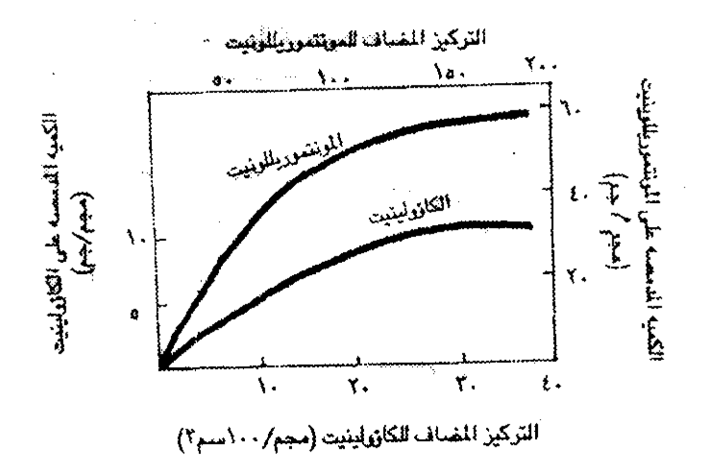
الإجابة - تزداد كمية المادة المدمصة من مهيئات التربة بزيادة السطح النوعي (مساحة سطوح الحبيبات فى الجرام الواحد من الأرض) وعلى ذلك ، فإن الأرض التى يسودها معدن المونتموريللونيت ذات سطح نوعى كبير نتيجه لحدوث الادمصاص على الاسطح البين طبقية فى المعدن وتمدده بدرجات مختلفة ، هذا بالإضافه إلى الادمصاص على السطوح الخارجية ، بينما الادمصاص فى الأراضى الكاؤلينيتية فيتم على الأسطح الخارجية فقط ، وبالتالى تدمص كميات قليلة جدا مقارنة بالأراضى المونتموريللونيتية، كما يتضح من الشكل التخطيطى التالى :-



ادمصاص الجزيئات العضوية
على اسطح معادن الطين



شكل رقم (٤٦): أثر معدن الطين على الكمية المدمصة من البولى أكريلاميد PAM



شكل رقم (٤٧): أثر التركيز المضاف من PAM على الكمية المدمصة بواسطة معادن الطين

٢- تركيز المهيىء المستخدم :

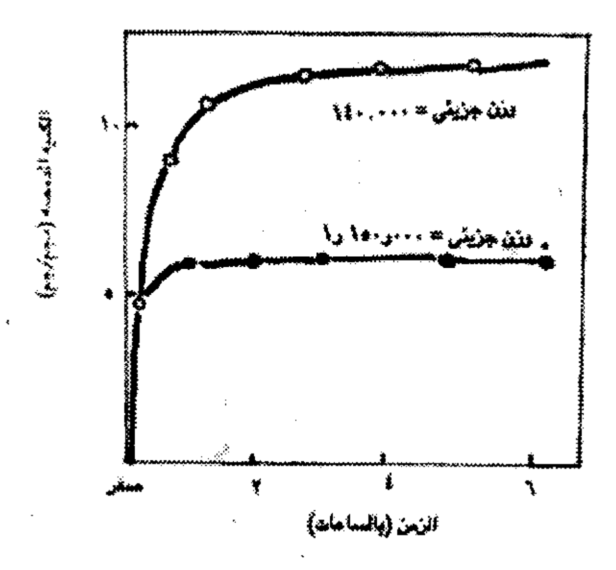
تزداد كفاءة المهيىء فى تكوين التجمعات بزيادة التركيزات المضافة منه إلى الأرض، حيث إنه بزيادة تلك التركيزات تزداد الكميات المدمصة منها تبعا لقوانين الادمصاص (انظر شكل رقم ٤٧) ، ولكن من الناحية العملية فإن تركيز المهيىء الذى يضاف للتربة يتراوح بين ٠٥ر٠ - ٥ر٠٪ وقد تستخدم نسب تصل إلى ١٪ فى بعض الحالات المحدودة .

٣- الوزن الجزيئى للمركب :

وجد أنه بزيادة الوزن الجزيئى للمهيىء القابل للذوبان فى الماء، تزداد كفاءته فى لصق حبيبات التربة مع بعضها البعض، ولقد وجد أن المركب ذى الوزن الجزيئى الذى يتراوح بين ١٠ ، ٤٠ ألف لا يحدث ربطاً لحبيبات التربة بصورة ثابتة ضد الماء ، ولكن بحدوث تكثيف لجزيئات هذا المركب اى حدوث بلمرة Polymerization بحيث يزداد الوزن الجزيئى إلى أكثر من ١٠^٦^ فإن فعاليته فى لصق حبيبات التربة تصبح كبيرة .

تعريف:

البلمرة Polymerization : هى عملية اتحاد الجزيئات البسيطة مع بعضها البعض، عن طريق مجموعاتها الفعالة فيما يطلق عليه أيضا التكثيف. ويتم إنتاج ما يسمى بالبوليمرات Polymers ذات الوزن الجزيئى الكبير.



شكل رقم (٤٨): أثر الوزن الجزيئى على الكمية المدمصة من PAM على معدن الكاؤولينيت.

?

سؤال محلول :

سؤال - لماذا نحتاج إلى جزيئات ذات وزن جزيئى كبير؟ هل ليزداد حجمها وتربط عددا أكبر من حبيبات التربة مع بعضها أم ماذا؟

الإجابة - ليس هو السبب الأساسى، حيث إن حبيبة التربة التى لها قطر يساوى واحد ميكرون وزنها يعادل مليون مرة قدر جزىء وزنه الجزيئى حوالى 10^{6}، وعلى ذلك فهذا الجزىء يعتبر ضعيفا جدا بالقياس إلى حبيبة التربة، وفى الحقيقة فإن السبب الأساسى فى استخدام البوليمرات كمهيئات للتربة هو زيادة قطبية جزيئاتها فى الأوزان الجزيئية الكبيرة وزيادة قابليتها لتكوين روابط هيدروجينية وروابط فان ديرفال ، والتى بزيادة عددها فإنها تقوى بعضها البعض ويكون فعلها اللاصق كبيرا، على الرغم من أن كبر الوزن الجزيئى قد يؤدى إلى قلة الكمية المدمصة منه نتيجة كبر أحجام جزيئات البوليمر كما يظهر من الشكل رقم (٤٨).

كما أن كبر الوزن الجزيئى يؤدى إلى تنافر بين الشحنات المتشابهة للمجموعات الفعالة Functional groups المحمولة على السلسلة الهيدروكربونية، وهذا يعمل على جعل هذه السلسلة مفرودة على هيئه خيطية ، وبالتالى ، تحتل مسافة أكبر من الجزيئات الكروية وتزداد فعاليتها فى تكوين التجمعات.

٤- حجم حبيبات المهيىء :

أثبتت التجارب انه بزيادة حجم حبيبات المهيىء تزداد كفاءته فى تكوين التجمعات الأرضية الثابتة أكثر من الذى يحدث من زيادة الوزن الجزيئى للمركب، كما يتضح من الجدول رقم (٢٦).

جدول رقم (٢٦): أثر حجم حبيبات بولى ميثايل أكريلات PMA
على قوى اللصق لحبيبات التربة

قطر الحبيبات (ميكرون)	الوزن الجزينى	قوى اللصق (كجم / سم٢)
٠,٠٩	٩٦٥,٠٠٠	٠,٢٠
٠,٢٥	١,٢٠٠,٠٠٠	٠,٥٣
١,٠٠	٣٣٥,٠٠٠	٢,٧٧
١,٤٠	٧٩٤,٠٠٠	٣,٥٣

وعموما ، يمكن القول: إنه لا يمكن استخدام مادة مهيئة واحدة لكل أنواع الأراضى، كما أنه من الممكن ألا تصلح إحدى المهيئات لقوام معين من الأراضى، ولكنها قد تصلح لنفس القوام لتربة أخرى مختلفة فى تركيبها المعدنى والكيميائى، ولهذا فإنه من الضرورى إجراء بعض الاختبارات الأولية لتحديد صلاحية مهيىء معين لظروف الأرض المراد تعديل خصائصها الطبيعية والكيميائية.

٨-٦ تأثير المهيئات على خواص التربة وانعكاسه على نمو النباتات:

للمهيئات تأثيرات مباشرة متمثلة فى تحسين البناء الأرضى عن طريق تكوين تجمعات ثابتة، وهذا بدوره يعمل على تعديل الخواص المائية وخاصة نسبة الماء الميسر وتسهيل حركة الماء فى التربة الذى يساعد على غسيل الأملاح ، ويصاحب ذلك حدوث تأثيرات غير مباشرة نتيجة تنشيط العمليات الحيوية فى الأرض وزيادة التهوية فى القطاع الأرضى مما يؤثر - بالطبع - على الخواص الكيميائية للأرض متمثلة فى زيادة صلاحية معظم العناصر وانفرادها على حالة ذائبة ميسرة لامتصاص النبات ، ومحصلة ذلك هو زيادة انتشار جذور النباتات فى التربة وارتفاع نسبة المادة العضوية فيها مما يعمل على زيادة السعة التبادلية الكاتيونية للتربة، كما يساهم فى زيادة خصوبتها ، ولقد أثبتت التجارب العديدة زيادة إنتاجية الأراضى المعاملة بالمهيئات وخاصة فى حالة الأراضى الرملية ، إلا ان الظروف الحارة الشديدة قد تؤدى إلى عدم استمرارية هذا التأثير

لعدة مواسم زراعية، وهذا يرجع إلى الانحلال الميكروبى مما يستلزم معه تجديد إضافة المهيىء على فترات يمكن تحديدها بناء على القياسات الحقلية، ولذا قد يكون من المفيد إضافة بعض المحسنات الأخرى بجانب المهيئات الصناعية مثل إضافة سماد قمامة المدن، مخلفات الصرف الصحى أو رواسب الطفلة ، والتى تعمل مجتمعة على استمرارية تأثير تلك المهيئات للفترات التى تصبح معها اقتصادية للإنتاج الزراعى .



٨ - ٧ ملخص الباب الثامن

* مهيئات التربة مواد عضوية، طبيعية أو كيميائية مخلقة، تضاف إلى الارض لتعديل صفاتها وتشجيع تكوين التجمعات الأرضية الثابتة فى الماء، عن طريق تفاعلها على سطوح حبيبات التربة وربطها مع بعضها البعض.

* ترجع أهمية استخدام مهيئات التربة فى الأراضى الرملية إلى النقص الشديد فى المخلفات العضوية النباتية والحيوانية فى هذه المناطق وارتفاع تكاليف نقلها ، مع توفر العديد من هذه المهيئات تجاريا.

* يجب أن تتوافر بعض الشروط فى أي مادة، تستخدم كمهيىء للتربة ، مثل قابليتها للذوبان في الماء ، ومقاومتها للتحلل الميكروبى ، وأن تكون عديمة السمية للنبات أو الكائنات الحية الدقيقة، ولها فعل لاحم لحبيبات التربة، بالإضافة إلى احتفاظها بالماء والعناصر الغذائية فى صورة ميسره للنبات.

* تحتوى معظم مهيئات التربة على مركبات بولى أكريلونتيريل أو البولى أكريلاميد PAM أو كحول البولى فينيل PVA والأسماء التجارية للأنواع المتوافرة فى الأسواق المصرية هى أجروسوك - فلوتال - يوريسول.

* يحدث ارتباط بين جزىء المهيىء وسطح حبيبات التربة بعدة أنواع من الروابط أهمها: الرابطة الأيونية الكاملة أو الجزئية، الرابطة التساهمية، الرابطة الهيدروجينية ، وروابط فان دير فال، ويمكن ترتيبها على أساس قوة الرابطة كالتالى:

الرابطة الأيونية كليا > أيونية جزئيا > تساهمية > هيدروجينية

* تقسم المهيئات إلى مركبات ذات جزيئات متعادلة كهربائيا ، ومركبات إليكتروليتية متعددة والتى منها عديدة الكاتيونات وعديدة الأنيونات.

* تختلف ميكانيكية عمل المهيىء تبعا لنوعه، فالجزيئات المتعادلة ترتبط بروابط هيدروجينية وفان دير فال، بينما الجزيئات متعددة الكاتيونات فترتبط مباشرة بالاسطح السالبة لحبيبات التربة بالروابط الايونية عن طريق التبادل الكاتيونى ، أما الجزيئات عديده الانيونات فيلزم لها وجود كاتيونات تعمل كقناطر أو كَبَارٍ بين الجزىء السالب للمهيىء والأسطح السالبة الشحنة (حبيبات التربة) .

* هناك عدة عوامل تؤثر على كفاءة مهيئات التربة منها : نوع التربة وتركيبها المعدنى، وتركيز المهيئ المستخدم، والوزن الجزيئى للمركب ، وحجم حبيبات المهيئ .

* لا يمكن استخدام مادة مهيئة واحدة لجميع أنواع الأراضى ، ومن الضرورى إجراء بعض الاختبارات لتحديد نوع المهيئ المناسب لكل أرض على حدة .

* أثبتت التجارب حدوث زيادة فى إنتاجية الأراضى المعالجة بالمهيئات، نتيجة تعديل الخواص المائية للتربة فى صالح الماء الميسر للنبات، وزيادة قدرة الأرض على إمداد النبات بالعناصر الغذائية الميسرة.

٨ - ٨ أسئلة الباب الثامن

١- عرف مهيئات التربة، ثم اذكر أهمية استخدامها فى الأراضى الرملية.

٢- ما هى الشروط الواجب توافرها فى المادة التى تستخدم كمهيىء للتربة؟

٣- اذكر أهم المهيئات الكيميائية المتداولة فى مصر.

٤- اكتب الرموز البنائية للمهيئات التالية:-

PAV , PAM , PAA , HPAN

٥- ما هى انواع الروابط التى تحدث بين المهيىء وسطح حبيبات التربة ؟ وضح إجابتك بالأمثلة.

٦- ما هى الأقسام الكيميائية لأنواع جزيئات مهيئات التربة ؟

٧- ما هى ميكانيكية ارتباط الجزيئات المتعادلة بأسطح حبيبات التربة ؟ استعن بمثال لأحد المهيئات.

٨- ما هى ميكانيكية عمل المهيئات من نوع Polycations فى الأرض ؟ استعن بمثال.

٩- ما هى ميكانيكية عمل المهيئات من نوع Polyanions فى الأرض ؟ مستعينا بمثال.

١٠- كيف تؤثر خواص التربة على فعالية المهيئات المضافة إليها ؟ استعن بالأمثلة.

١١- الشكل الخيطى لجزىء مهيىء التربة يؤهله إلى أداء دوره بفاعلية أكبر ، اشرح ذلك.

١٢- ما هو الغرض من إضافة مواد كاتيونية يطلق عليها تجاريا Cross-linkers عند معالجة التربة ببعض أنواع المهيئات ؟

١٣- علل لما يأتى:-

أ- ضرورة أن يكون الوزن الجزيئى لمركب المهيئات كبيرا جدا.

ب- ضرورة توافر كاتيونات عديدة التكافؤ فى التربة عند استخدام مهيئات من نوع Polyanions.

جـ- اختلاف الكميات المدمصة من المهيىء فى الأراضى الغنية فى الكاؤولينيت عن تلك المحتوية على المونتموريللونيت.

د- قلة ادمصاص جزيئات المهيىء بزيادة الوزن الجزيئى لها.

هـ- زيادة إنتاجية الأراضى المعالجة بالمهيئات.



الباب التاسع
مخلفات الصرف الصحى وإعادة استخدامها
فى زراعة الأراضى الصحراوية
Reuse of Sewage Wastes in Desert Agriculture

الأهداف :

بعد دراسة هذا الباب يجب أن يكون كل دارس قادراً على أن :

١- يُعَرِّف المفاهيم العلمية الواردة بهذا الباب بدون أخطاء .

٢ - يعَبر بالمعادلات الكيميائية عن التفاعلات المختلفة بدون أخطاء .

٣ - يستنتج ضرورة استخدام مياه الصرف الصحى فى استصلاح الأراضى الرملية والجيرية .

٤ - يحدد حجم ومواقع الصرف الصحى على مستوى مصر .

٥ - يذكر كيفية التخلص من مخلفات الصرف الصحى فى الوقت الحالى، ويذكر الأضرار الناتجة عن ذلك .

٦ - يحدد استخدام البودريت .

٧ - يتعرف على التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى .

٨ - يحدد تركيزات العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى لبعض المحطات فى مصر، ويذكر أسباب اختلافها من منطقة إلى أخرى .

٩ - يذكر بالترتيب أكثر العناصر الثقيلة تركيزاً فى مخلفات الصرف الصحى فى مصر .

١٠- يحدد المعيار الرئيسى لاستخدام مخلفات الصرف الصحى فى استزراع الأراضى الصحراوية.

١١- يحسب تكافؤ الزنك ويذكر حدوده فى المخلفات المستخدمه فى الزراعة .

١٢- يحدد الضوابط التى يجب مراعاتها عند تداول مخلفات الصرف الصحى فى مجال استصلاح الأراضى .

١٣- يقارن بين المعايير الكيميائية للاستخدام الزراعى لمخلفات الصرف الصحى فى كل من هولندا وانجلترا ومصر.

١٤- يذكر أهم التغيرات الكيميائية التى تحدث فى الأراضى الرملية التى تروى بمخلفات الصرف الصحى .

العناصر :

١- مقدمة .

٢- حجم مواقع توزيع مخلفات الصرف الصحى على مستوى مصر .

٣- التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى .

٤- معايير استخدام مخلفات الصرف الصحى فى زراعة الأراضى الصحراوية .

٥- النقاط التى يجب مراعاتها عند تداول المخلفات فى مجال اصلاح الأراضى .

٦- نتائج بعض الدراسات فى المزارع التى استخدمت فيها مياه الصرف الصحى للزراعة .

٧- ملخص الباب التاسع .

٨- أسئلة الباب التاسع .

الباب التاسع
مخلفات الصرف الصحى وإعادة استخدامها في زراعة الأراضى الصحراوية
Reuse of Sewage Wastes in Desert Agriculture

٩-١ مقدمة:

تعريف:-

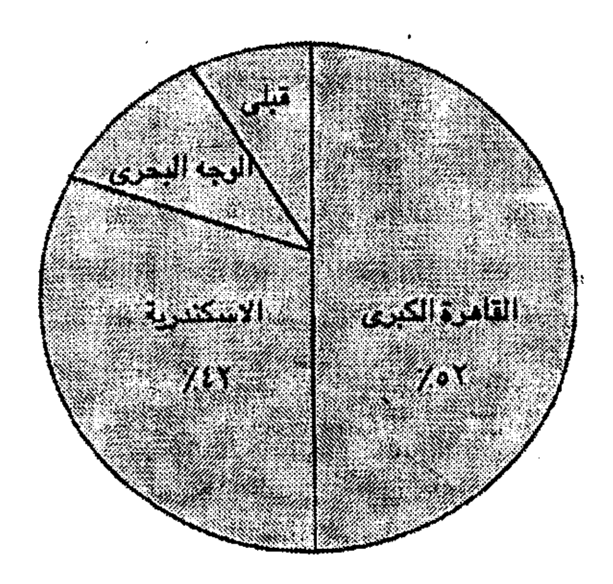
تعرف مخلفات الصرف الصحى بأنها كل ما يصرف من مخلفات سائلة ناتجة عن استعمالات الإنسان للمياه فى الحياة الخاصة والعامة ، مما يجعل لها أثرا ضارا على الصحة عند ملامستها أو العيش بالقرب منها . ويستلزم ذلك سرعة التخلص منها بعيدا عن البيئة التى يعيش فيها ، وكثيرا ما يحتاج الأمر إلى معالجتها بدرجات متفاوتة تبعا للطريقة والغرض النهائى للتخلص أو الاستفادة منها فى استصلاح وتحسين خواص الأراضى الصحراوية الرملية والجيرية.

إن سياسة الدولة ، والقوانين الصادرة حديثا الخاصة بالبيئة والحفاظ عليها من خطر التلوث- فضلا عن القوانين الدولية - تمنع إلقاء مخلفات الصرف فى المسطحات المائية، كما أنها تهدف ، أيضا ، إلى زيادة الإنتاج الزراعى من خلال ترشيد استخدام مياه الرى وزيادة الموارد المائية من أجل زيادة الرقعة الزراعية .

وعليه ، فلابد من البحث عن مصادر لمياه الرى ، ومن هنا فإعادة استخدام مياه الصرف الصحى أصبحت ضرورة ملحة ، حيث إن إلقاءها فى البحر يترتب عليه إهدار للموارد المائية التى تعتبر العامل المحدد لاستصلاح واستزراع اراضٍ جديدة فى مصر ولهذا فلا مفر أمام الدولة من توسيع الرقعة الزراعية للخروج من الوادى الضيق وزيادة الإنتاج وتحقيق الأمن الغذائى ، مع عدم إغفال القيمة التسميدية لمكونات مياه الصرف الصحى بالنسبة للأراضى الصحراوية بنوعيها؛ الجيرية والرملية ، إضافة إلى القيمة التسميدية التى تتواجد كذلك فى الحمأة المترسبة (البودريت) .

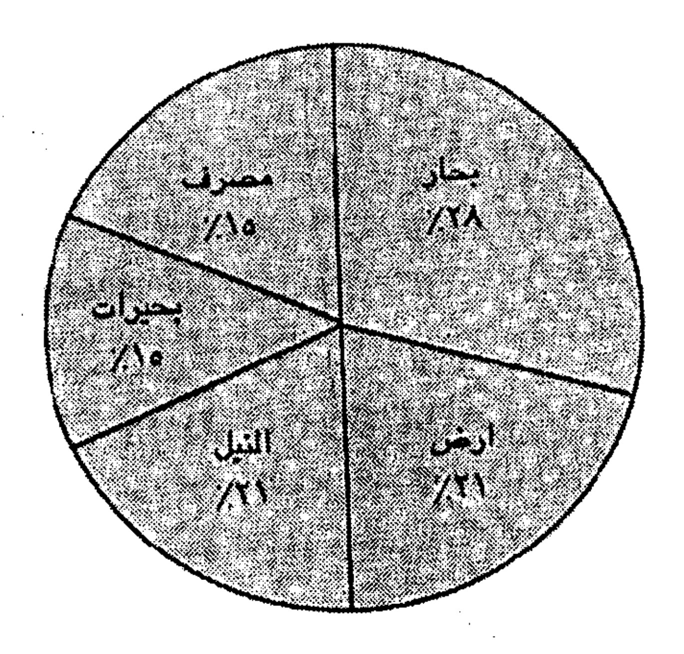
٩-٢ حجم ومواقع توزيع مخلفات الصرف الصحى على مستوى مصر:

تقوم الأجهزة المسئولة بجمهورية مصر العربية بمحاولات جادة لإعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة ، مما يساعد فى النهاية على حماية البيئة من التلوث . وبإلقاء الضوء حول حجم هذه المخلفات نجد أنه فى القاهرة ، تقدر كمية مياه الصرف الصحى التى سيجرى معالجتها حتى عام ٢٠٠٠ بأربعة ملايين متر مكعب يوميا حيث يجرى إعادة استخدامها بعد التنقية الكاملة والتعقيم فى رى واستصلاح حوالى ١٥٠ ألف فدان فى المنطقة الصحراوية بطريق القاهرة الإسماعيلية الصحراوى ، وفى أبو رواش وحلوان . كما تقدر كمية مياه الصرف الصحى التى ستجرى معالجتها بمدينة الإسكندرية بحوالى مليون متر مكعب يوميا عام ٢٠٠٠ ، يمكن استخدامها فى رى واستصلاح أكثر من ٣٥ ألف فدان . أما باقى كميات مياه الصرف الصحى التى يمكن استخدامها بعد تعميم شبكات الصرف الصحى وعمليات التنقية فى باقى المناطق الحضرية والريفية عام ٢٠٠٠ ،فتقدر بحوالى ٧,٥ مليون متر مكعب يوميا وهذه الكمية تكفى لرى واستزراع حوالى ٣٠٠ ألف فدان أخرى فى المناطق الصحراوية المتاخمة للمناطق التى سيجرى تنفيذ مشروعات الصرف الصحى بها ، أى أن جملة مياه الصرف الصحى المتوقعة حتى عام ٢٠٠٠ تقدر بحوالى ١٢ مليون متر مكعب / يوم . والشكل (٤٩) يوضح المساهمة النسبية لمناطق الجمهورية فى مخلفات الصرف الصحى .



شكل رقم (٤٩) : المساهمة النسبية لمناطق الجمهورية فى الصرف الصحى

ويتم حاليا التخلص من مخلفات الصرف الصحى بتحويلها إلى المصارف الزراعية، وبعض هذه المصارف تصب بالتالى فى نهايات بعض الترع أو فروع النيل، أما تحويل الصرف الصناعى إلى محطات الصرف الصحى فلن يساهم فى حل مشكلة التلوث الصناعى ، وكل ما سوف يحدث هو ترحيل موقع التلوث من مكان إلى آخر ، وبكلمات أوضح ينتقل التلوث من موقع التخلص المباشر الحالى للمصانع إلى مواقع محطات الصرف الصحى ومواقع التقاء المصارف بالترع أو فروع النيل ، مما لا يساهم فى تخفيف حدة التلوث بالعناصر الثقيلة طالما تنتهى شبكات الصرف الصحى بالمجارى المائية، والشكل (٥٠) يوضح طرق التخلص من مخلفات الصرف الصحى فى مصر.



شكل رقم (٥٠): طرق التخلص من مخلفات الصرف الصحى بجمهورية مصر العربية

ومن الضرورى مراجعة هذه الخطة بصفة عاجلة ، بحيث تعامل مياه الصرف الصناعى للتخلص من العناصر الثقيلة قبل إطلاقها إلى المصارف أو الترع أو لإعادة استخدامها فى نفس المصنع ، مما يساهم فى تخفيف الضغط على محطات الصرف الصحى. كما يجب دراسة تحويل مياه الصرف الصحى وحتى الصرف الزراعى شرقا وغربا على جانبى الوادى والدلتا ويستفاد بها مباشرة فى الرى بدلا من إطلاقها فى المجارى المائية.

كما أن إقامة محطات الصرف والرفع فى أسيوط والمنيا ووسط أو جنوب الدلتا وتحويل المياه إلى مواقع استغلال زراعى قريبة ، تساهم فى الحد من التلوث إلى درجة كبيرة ويرفع من كفاءة استخدام المياه ، ويقلل الضغط على المصارف فى شمال الدلتا ، ويمكن أن يخفض بالتالى مستوى الماء الأرضى . ومن دراسة هذه الحالات يتبين أهمية معالجة مظاهر التلوث الصناعى والصرف الصحى .

وحاليا وبعد صدور قانون حماية البيئة رقم (٤) لسنة ١٩٩٤ أصبح لزاماً على جميع المشروعات الجديدة التعامل مع مخلفاتها الصحية والصناعية بحيث تصبح مطابقة للمعايير المنصوص عليها فى القانون، وكذلك تجريم صرف المخلفات مباشرة فى النيل وفروعه دون معالجتها لإزالة جميع الملوثات .

٩-٣ التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى :

تحتوى مخلفات الصرف الصحى السائلة والصلبة على العديد من العناصر الغذائية ، وذلك لغناها فى المادة العضوية ، كما يتضح من الجدول رقم (٢٨) .

يتضح من هذا الجدول ، أن المخلفات الصلبة (الحمأة المجففة أو البودريت) غنية جدا فى المادة العضوية ، وهى تستخدم كسماد فى بعض المناطق المنزرعة بأشجار الفاكهة، كما أنها غنية فى العناصر السمادية الأساسية NPK ، حيث تبلغ نسبة النيتروجين بها ٥-٩٪ ، نسبة البوتاسيوم ٢-٤٪ ، ونفس النسبة من الفوسفور .

جدول رقم (٢٨): التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى الصلبة والسائلة

المكـــون	مخلفات صلبة من القاهرة			مخلفات صلبة من الاسكندرية	مخلفات سائلة من القاهرة
	حد أعلى	حد أدنى	متوسط		
المادة العضوية ٪	٩٤	٢٧	٤٥	٤٩	-
رقم الـ pH فى الماء	٧,٦	٥,١	٦,٥	٧,١	٧,٢
رقم الـ pH فى محلول KCL	٧,٤	٦,١	٦,٧	-	-
الكلوريد ppm	٨٢٥	٤٤	٣٢٢	-	-
التوصيل الكهربى (ديسى سيمنز / متر)	٣,٩٨	٠,٤٩	٢,٠٠	٢,٨	١,٤٣
الاملاح الكلية (جزء فى المليون)	٢٥٥٠	٣١٥	١٢٨٠	١٧٩٠	٩١٥
المادة المعلقة (مجم / متر)	-	-	-	-	١٢٤٥
نسبة المادة العضوية فى المادة المعلقة	-	-	-	-	٣٤,٦

ومن ناحية أخرى، فإن مخلفات الصرف الصحى عادة ما تحتوى على كميات عالية من الأملاح ، ويؤدى تكرار إضافتها للتربة الثقيلة القوام إلى تجميع هذه الأملاح وتحويل الأرض إلى تربة ملحية ، لذلك فإنها تحتاج لعلاج قبل الحصول على عائد اقتصادى مربح منها ، حيث يتضح من الجدول أن متوسط تركيز الأملاح يصل إلى حوالى ١٠٠٠ ملليجرام/لتر من مياه الصرف الصحى ، وهذا يعنى إضافة حوالى ١٠ أطنان من الاملاح لكل فدان سنويا ، على اعتبار أن الفدان يروى بكميه تقدر بحوالى ١٠ آلاف متر مكعب سنويا من هذه المياه ، بما ينبه الى ضرورة اتباع نظم خاصة لمنع تراكم الاملاح فى الأرض.

ولقد ظهرت، فى الآونة الأخيرة ، بعض المضاعفات فى مزرعة الجبل الأصفر من جراء استخدام الحمأة المجففة كسماد ، وذلك لما تحتويه من تركيزات عالية من العناصر الصغرى والثقيلة. فعند إضافة جرعات عالية من هذا السماد للتربة فإن مثل هذه العناصر تتجمع فى الطبقة السطحية بتركيزات أعلى من حاجة النباتات وتؤدى إلى تسممها وأيضا تسمم الحيوانات التى تتغذى عليها ، ولقد أدى ذلك إلى استبعاد بعض المحاصيل من الدورة الزراعية ، وخاصة التى تؤكل أوراقها طازجة . كما يختلف تركيز العناصر الثقيلة فى

مخلفات الصرف الصحى السائلة والصلبة اختلافا كبيرا من منطقة إلى أخرى ، ويتوقف ذلك على عدة عوامل أهمها : الكثافة السكانية ، والعادات الغذائية للسكان ، والنشاط الصناعى . والجدول رقم (٢٩) يقدم التحليل الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى الخام والمعالجة ، وكذلك الحمأة المجففة ، لبعض المحطات فى مصر ، مع التركيز على محتواها من العناصر الثقيلة ، على أساس أنها من العوامل المحددة للاستفادة من هذه المخلفات.

جدول رقم (٢٩): تركيزات العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى لبعض المحطات فى مصر (جزء فى المليون)

الموقع	رصاص	نحاس	منجنيز	زنك	كوبالت	كروميوم	كادميوم	نيكل	حديد
أبو رواش (خام)	٠,٢٣	١,٦	١,٦	١,٧	٠,١٦	١,٥	–	–	–
أبو رواش (بعد الترسيب)	٠,١٥	٠,٨	١,٠	٠,٤	٠,٠٠٨	٠,٦	–	–	–
الجبل الأصفر (مرسب)	٠,٤٠	٠,١٨	٠,٨	١,٢٤	–	٠,٢٢	٠,٠٠٢	٠,٢٧	٠,٠٠٤
مدينة القاهرة (مرسب)	٠,١٤	٠,٠٠٧	–	٠,١٦	٠,٠٠٣	٠,١٠	٠,٠٠١	٠,١١	–
شرق الأسكندرية (مرسب)	٠,٠٠١	١٠,٦	٤,٦	٩,٢	٠,٠٠١	–	٠,٠٠١	٠,٠٠١	٥
شرق الأسكندرية (خام)	٣٢٥	٢٤٠	١٥٥	٦٣١	٥,٢	–	٢,٣٠	١٧,١	٩٥٠٠

ويتضح من ذلك ، أن تركيز العناصر الثقيلة فى المخلفات الخام عالٍ جدا ، مقارنة بتلك المرسبة، أى المعالجة بعد الترسيب ، ويرجع ذلك إلى أن تركيز هذه العناصر فى المخلفات الصلبة أكبر كثيرا من تلك فى المخلفات السائلة ، نتيجة ادمصاص وترسيب هذه العناصر فى الرواسب الصلبة مع تركيزات ضئيلة ذائبة فى حاله اتزان مع الجزء المترسب أو المدمص . ومن ناحية أخرى ، فإن تركيزات العناصر الثقيلة فى المخلفات المعالجة والخام للصرف الصحى ، بشرق الإسكندرية ، تكون مرتفعة جدا ويرجع ذلك إلى زيادة كثافة النشاط الصناعى بهذه المنطقة ، وقيام معظم هذه الصناعات بصرف مخلفاتها الغنية بالعناصر الثقيلة فى شبكة الصرف الصحى (انظر الشكل رقم ٥١) مما يجعل من الواجب الحذر الشديد عند استخدام هذه المخلفات فى الأغراض الزراعية، حيث إن إضافة تلك المخلفات للأرض يسبب زيادة تركيز العناصر الثقيلة فى تلك الأراضى وفى النباتات النامية عليها وقد يزداد التركيز إلى درجة سامة تؤثر على نموها وإنتاجها .

سؤال محلول :-

سؤال - ما هو سبب زيادة تركيز العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى الخام عن تلك المعالجة إبتدائيا ؟

الإجابة - تحتوى مخلفات الصرف الصحى الخام على مواد صلبة معلقة بها نسبة كبيرة من المواد العضويه تصل إلى ٨٠٪ من المواد الصلبة المعلقة ، وهى مواد عضوية فى أطوار مختلفة من التحلل ، وتوجد معظم العناصر الثقيلة مدمصة على أسطح هذه الحبيبات العضوية ، مما يؤدى إلى زيادة تركيزها فى هذه المخلفات الخام عن تلك المعالجة ابتدائيا ، والتى يتم فيها ترسيب جزء كبير من هذه المواد الصلبة ، ويكون تركيز العناصر الثقيلة الذائبة فيها أقل كثيراً.

وقد وجد من الدراسات التى أجريت على بعض الأراضى المصرية ، زيادة فى محتوى الأراضى الرملية من النحاس ، والحديد ، والمنجنيز ، والزنك ، والرصاص ، والبورون باستخدام مخلفات المجارى السائلة . كما وجد كذلك زيادة فى محتوى الأراضى الرملية فى المنجنيز والحديد والزنك والنحاس باستخدام مخلفات الصرف الصحى لشرق الإسكندرية ، كما قد حدثت زيادة فى تركيز عناصر الزنك ، والنحاس ، والحديد ، والمنجنيز فى تلك الأراضى زيادة واضحة نتيجة استخدام مياه المجارى.

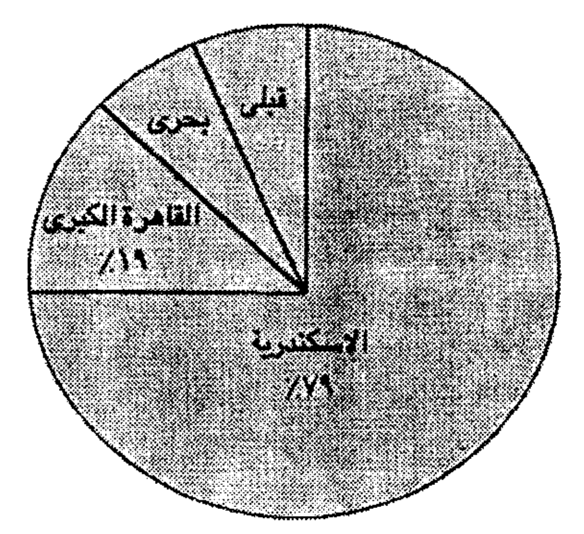
ويوضح الشكل رقم (٥٢) التوزيع النسبى لكميات العناصر الثقيلة الناتجة من مخلفات الصرف الصحي على مستوى الجمهورية.

سؤال محلول :-

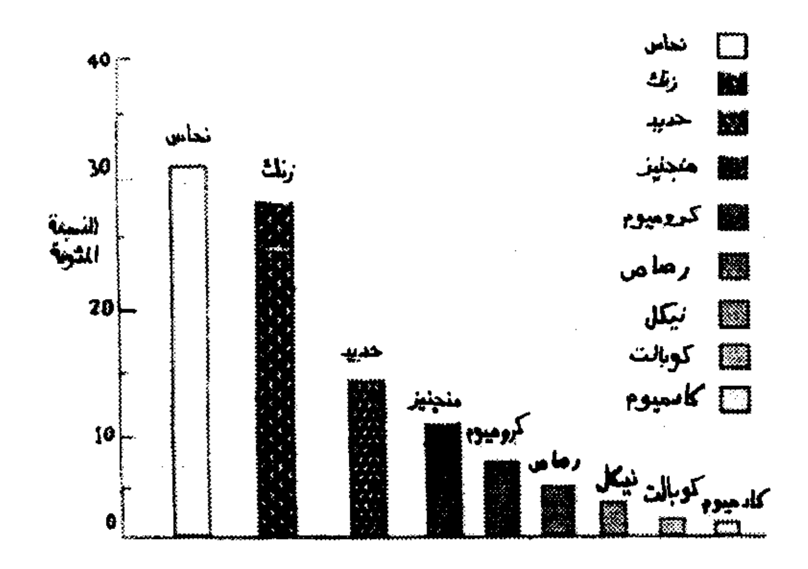
سؤال - ما هى أكثر العناصر الثقيلة تركيزاً فى مخلفات الصرف الصحى؟ ثم رتب هذه العناصر على حسب تركيزاتها الشائعة .

الإجابة - أكثر العناصر الثقيلة تركيزاً فى مخلفات الصرف الصحى فى مصر هى عناصر النحاس والزنك ، ويمكن ترتيب العناصر الثقيلة على حسب تركيزاتها الشائعة كالتالى:

نحاس > زنك > حديد > منجنيز > كروميوم > رصاص > نيكل > كوبالت > كادميوم (استعن بشكل رقم ٥٢).



شكل رقم (٥١): النسبة المئوية لكميات العناصر الثقيلة فى مخلفات الصرف الصحى لمختلف مناطق الجمهورية



شكل رقم (٥٢): التوزيع النسبى لكميات العناصر الثقيلة الناتجة من مخلفات الصرف الصحى على مستوى الجمهورية

٩-٤ معايير استخدام مخلفات الصرف الصحى فى مجال إصلاح الأراضى الصحراوية لتجنب حدوث التلوث:

إن المعيار الرئيسى فى استخدام مخلفات الصرف الصحى فى استزراع الأراضى الصحراوية ، هو عدم الوصول بتركيزات العناصر الثقيلة فى الأرض إلى المستوى الذى يصبح فيه ساما للنبات ، ويختلف التركيز السام من العناصر الثقيلة ، نتيجة إضافة المخلفات من عنصر لآخر ، فسمية النحاس ضعف سمية الزنك بينما سمية النيكل ثمانية أضعاف الزنك ، ولذلك اقترح بعض العلماء ما يسمى بمكافىء الزنك للتعبير عن مدى احتواء المخلفات على هذه المواد السامة. ويمكن التعبير عن هذا المكافىء بالمعادلة التالية:

مكافىء الزنك = (تركيز الزنك) + ٢(تركيز النحاس) + ٨(تركيز النيكل)

$$\text{Zn - equivalent} = (\text{Zn}) + 2(\text{Cu}) + 8(\text{Ni})$$

ويجب ألا يزيد ، هذا المكافىء ، عن ٢٥٠ جزءا فى المليون عند pH ٦,٥ ، كما أن مكافىء الزنك يجب ألا يزيد عن ١٠٪ من السعة التبادلية الكاتيونية .

وقد بين كثير من الباحثين حدود التركيزات المسموح بها فى المخلفات ، حتى يمكن استخدامها بحيث إذا زادت عن تلك الحدود تعتبر ملوثة وغير مرغوبة (جدول رقم ٣٠) كما وجد أنه لا يمكن للمزارعين فى هولندا إضافة مخلفات المجارى كأسمدة للأراضى إلا إذا احتوت على أقل من التركيزات التالية من العناصر :

زنك	كروم	نحاس	رصاص	نيكل	كادميوم	زئبق	
٢٠٠٠	٥٠٠	٥٠	٥٠	٥٠	١٠	١٠	مجم / كجم

وأن الإضافة السنوية من هذه المواد تحددت بما يعادل ٠,٨ طن / فدان للأراضى المنزرعة، ٠,٤ طن / فدان فقط لأراضى المراعى .

أما فى إنجلترا ، فقد وضعت حدود إرشادية لاستخدام مخلفات المجارى ، وطبقا لهذه الحدود ، فقد وجد أن أقصى أمان لإضافة العناصر الثقيلة للأراضى من مخلفات المجارى على مدى ٣٠ سنة ، يجب أن يكون كما يلى (كجم / فدان) :

الكادميوم	الكروم	النحاس	الزئبق	الموليدنيوم	النيكل	الرصاص	الزنك
٠٠ر٢	٤٠٠	٨٠	٠ر٨	٠ر٨	٢٨	٤٠٠	٢٢٤

ومن الدراسات التى أجريت فى مصر على النسب المسموح بها فى مياه الرى من هذه العناصر ، فإن الجدولين رقمى (٣٠ ، ٣١) يوضحان ذلك.

وفى دراسة لتأثير الرى بمياه المجارى لمدة ٤٧ عاما ، وجدت زيادة كبيرة فى محتوى أوراق الموالح فى منطقة الجبل الأصفر من عنصر الكادميوم .

جدول رقم (٣٠): الحدود المسموح بها من تركيزات العناصر الثقيلة فى المخلفات (جزء فى المليون)

العنصر	Chaney 1973	Melstead 1969	مركز النيل للإعلام
الزنك	٢٠٠٠	٣٠٠	٣٠٠٠ – ١٥٠٠
النحاس	٨٠٠	١٥٠	١٣٠٠ – ٧٥٠
النيكل	١٠٠	٣	٥٠ – ١٥
الكادميوم	,٥	٣	–
الزئبق	١٥	–	٣٥٠ – ١٠
الرصاص	–	–	١٢٠٠ – ٥٥٠
البورون	١٠٠	–	–
المنجنيز	–	٣٠٠	–
الكروميوم	–	٢	١٢٠٠ – ٥٠٠
الكادميوم – زنك	–	١	–

جدول رقم (٣١): النسب التى ينصح بعدم تجاوزها من العناصر الثقيلة فى مياه المجارى عند الرى المستمر والرى المتقطع

العنصر	النسب التى لا يتجاوزها العنصر (جزء فى المليون)		
	رى مستمر	رى متقطع ١م/ سنة	رى متقطع ٢.٥ م / سنة *
ألومنيوم	٥	٢٠	٨
زرنيخ	,١	٢	٨
بورون	,٧٣	١ - ١٠	٢
كادميوم	٠,٠١	,٠٥	,٠٢
كروم	٠,١	١	,٤
كوبالت	,٠٥	٥	٢
نحاس	,٢	٥	٢
فلور	١,٠	١٥	٦
حديد	٥	٢٠	٨
رصاص	٠,٥	١٠	٤
منجنيز	,٢	١٠	٤
موليبدنم	,٠١	,٠٥	٠,٠٢
نيكل	,٢	٤٠	,٨
سلينيوم	,٠٢	,٠٢	,٠٢
زنك	٢	١٠	٤

* عمق مياه الرى = ١ متر/سنة = ٤٠٠٠م٣/فدان/سنة ، ٢ر٥ متر/سنة = ١٠ر٠٠٠ م٣/فدان/سنة .

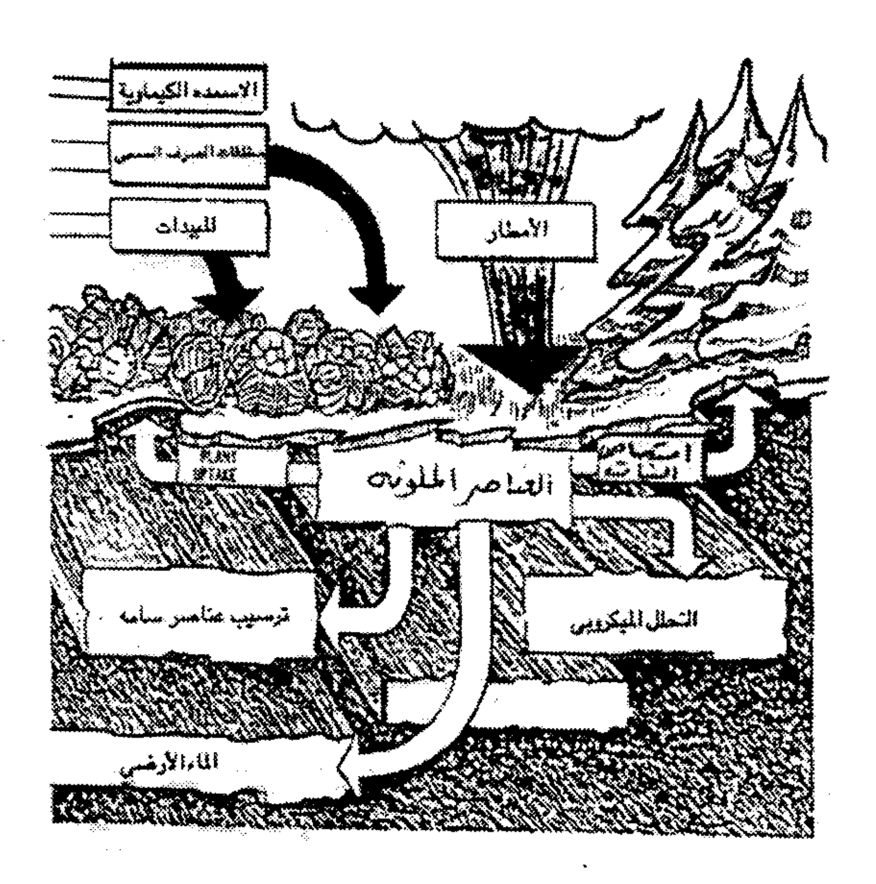
٩-٥ النقاط التى يجب مراعاتها عند تداول المخلفات فى مجال إصلاح الأراضى :

نجد أن النفايات السائلة لمعظم الأنشطة الصناعية تلقى - وبشكل عام - فى شبكات الصرف الصحى ، مما يزيد المشكلة تعقيدا وتكلفة اقتصادية عند عمليات المعالجة لما تضيفه هذه الأنشطة الصناعية من أملاح ذائبة وعناصر ضارة بالأرض وسامة للنبات وذات أثار سيئة على المياه الجوفية (أنظر شكل ٥٣) .

ويجب ، فى حالة إعادة استخدام مياه الصرف الصحى فى رى الأراضى الصحراوية ، ضرورة تجنب أى أضرار صحية سواء على القائمين باستخدام مياه الصرف الصحى أو على المحاصيل التى يجرى تداولها أو على الخزان الجوفى ، واختيار النوعية المناسبة من المحاصيل التى يؤدى استزراعها إلى تحقيق عائد أقتصادى ، واختيار نظم الرى ، بما يضمن الحد من انتشار الأوبئة حتى ولو كانت المياه معالجة علاجا ثانويا ومعقمة ، وعليه ، يجب التنويه على الآتى:-

أولا :- نظرا لاختلاط نفايات الصرف الصناعى بالصرف الصحى، كما هو موضح -مثلا فى الإسكندرية حيث بلغت تركيزات الأملاح الذائبة بها ٢٠٠٠ جزء فى المليون - فإنه عند استخدام هذه النوعية من المياه فى الرى يجب توفير مصدر مياه رى ذات نوعية جيدة لإجراء عملية غسيل فى نهاية كل موسم زراعى ، وذلك لمنع تراكم هذه الأملاح فى التربة .

ثانيا :- تتطلب الزراعة الاقتصادية أن يكون هناك عائد نتيجة استخدام هذه النوعية من المياه، لذلك لابد من اختيار المحاصيل ذات العائد الاستثمارى العالى، وهذه غير متوفره محليا إلا فى المحاصيل التى تؤكل طازجة ، سواء كانت خضراوات أم فاكهة ، وتلك ممنوعة قانونا فى مشاريع المجارى . أما زراعة المحاصيل القابلة للطبخ أو التخزين فتداولها يعتبر أقل خطورة فى تلويثه للإنسان. ويقترح كذلك زراعة الأشجار الخشبية، وإلى حد ما، الطبية والعطرية. أما عن المشاريع القائمة الآن ، فقد حظرت وزارة الصحة المصرية تداول منتجات مزرعة الجبل الأصفر لما يتسبب عن ذلك من تلوث ، نظرا لأن مخلفات الصرف الصحى التى تستخدمها هذه المزرعة ذات الأرض الرمليه غير معالجة بكفاءة ، ومن هنا تكمن الخطورة. ويجب البحث عن النباتات والمحاصيل ذات العائد الاقتصادى والتى يمكنها مقاومة هذه الكيماويات والسموم.



شكل (٥٣) : تلوث التربة عن طريق الأسمدة الكيماوية ومخلفات الصرف الصحى والمبيدات

ثالثا :- مراعاة عدم تلوث المياه الجوفية كيماويا ، حيث إن طبقات التربة الرملية لا تحجز إلا المواد العالقة والبكتريا بينما تجد الملوثات الكيماوية طريقها إلى المياه الجوفية.

رابعا :- يجب على القائمين على تداول هذه النوعية من المياه فى الرى اتباع التعليمات الخاصة بها.

وللتغلب على تلك المحاذير يلزم توفير مطلبين :-

أولهما : - معالجة النفايات الصناعية فى مراحلها الأولى ، وقبل إلقائها فى شبكات الصرف الصحى ، تنفيذاً للقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ والقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦١ ، بما ينقيها من السموم وتركيزات الملوثات العالية مع إجراء معالجة مخلفات الصرف الصحى بيولوجيا وكيماويا ، وبهذه الطريقة تصبح المياه ذات نوعية تسمح باستخدامها فى الرى بشكل آمن.

وثانيهما :- إعداد شبكة جيدة لنقل هذه المياه إلى مناطق الاستخدام المختلفة فى الصحراء المصرية ، وذلك لاستخدامها فى رى أراضى التوسع الجديدة سواء الرملية منها أو الجيرية .

٩-٦ نتائج بعض الدراسات فى المزارع التى استخدمت فيها مياه الصرف الصحى للرى :

تعتبر مزرعة الجبل الأصفر بشرق القاهرة من أقدم المزارع الرملية التى استخدمت فيها مياه الصرف الصحى المعالجة وغير المعالجة في أغراض الرى لمختلف المحصولات والأشجار منذ حوالى ٥٠ عاماً . ولقد أجريت دراسات عديدة لتتبع التغيرات المصاحبة للرى بمثل هذه المياه ، وكذا إضافة المخلفات الصلبة للصرف الصحى ، فى كل من الأرض والنبات والمياه الجوفية.

ولقد أظهرت النتائج حدوث زيادة كبيرة فى محتوى الأرض الرملية من المادة العضوية والطين بالإضافة إلى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية ، وذلك بزيادة مدة الرى بمياه الصرف الصحى ، وعموما ، فقد تضاعفت نسبة المادة العضوية ١٧ مرة ، ونسبة الطين ٨ مرات، والـ CEC ٦ مرات ، عن تلك المقدرة للأرض الرملية، وذلك نتيجة الرى بمياه الصرف الصحى لمدة أكثر من ٥٠ عاما. كما كانت الزيادة أقل حدوثاً فى الطبقات

تحت السطحية.

أما محتوى التربة من العناصر الغذائية الميسرة ، مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ، فقد ارتفع بدرجة كبيرة كما يتضح من الجدول رقم (٣٢) ، حيث تضاعف النتروجين الميسر ٩ مرات، والفوسفور ١٩ مرة ، والبوتاسيوم ٦ مرات وذلك بعد الرى بمياه الصرف الصحى لمدة ٦٠ عاماً، ويعتبر هذا دليلا على حدوث زيادة فى خصوبة التربة وقدرتها على إنتاج المحاصيل، إلا أنه لوحظ تراكم للعناصر الصغرى فى التربة ، بحيث إن تركيز الزنك الكلى تضاعف ١٦ مرة ، والنحاس والمنجنيز والنيكل ٩ مرات ، والكادميوم والكوبالت ٥ مرات ، ولقد انعكس ذلك على تركيز هذه العناصر الثقيلة فى حبوب الذرة المنتجة من هذه المزرعة، حيث بلغ تركيز الكوبالت ٩٠ ضعفاً، والكادميوم ١٦ ضعفا ، والنيكل ٩ أضعاف تركيزها فى حبوب الذرة المنتجة من أرض خصبة غير ملوثة، لذلك فإننا نلفت النظر الى ضرورة توخى الحذر عند أستعمال مثل هذه المخلفات فى الزراعة والتوقف عن إضافتها قبل الوصول إلى الحد الذى يسبب التلوث.

جدول رقم (٣٢) : أثر الرى بمياه الصرف الصحى على العناصر الميسرة فى التربة على فترات مختلفة ، فى مزرعة الجبل الأصفر

(الطبقة السطحية صفر–٣٠سم)

سنوات الاستزراع / العنصر (جزء فى المليون)	أرض بكر	٨ سنوات	٣٠ سنة	٦٠ سنة
نيتروجين	١٦	٣٨	٨٨	١٣٥
فوسفور	٦	٥٢	٨٠	١١٤
بوتاسيوم	٣٩	٥٤	٧٨	٢٣٤
حديد	٢٦	١١٨	٣٢٠	٣٢٣
منجنيز	١٠	٢٩	٦٧	١٤٨٠
نحاس	٠,٤٠	١١	٢٧	٤١
زنك	٠,١٠	٣٤	١٢٠	٣٢٣
كالسيوم	,٠٥	٠,١٥	٠,٢٧	,٦٨
رصاص	٠,٧٠	٨,٢٠	٩,٧٠	٤٢,٢٠
نيكل	٠,١٢	٠,٩٠	٢,٥٠	٤,١٠
كوبالت	٠,١٧	٠,٣٦	٠,٣٦	٠,٧٥

وتعتبر مزرعة أبو رواش التى تستخدم فيها مياه الصرف الصحى المنتجة من المحطة الرئيسية بالمنطقة ، ثانى أهم موقع بعد مزرعة الجبل الأصفر. ويبين الجدول رقم (٣٣) التحليل الكيميائى للمياه الخام وتلك بعد الترسيب الابتدائى على مدى ثلاث سنوات متتالية.

جدول رقم (٣٣) : مستوى الفلزات الثقيلة فى مياه الصرف الصحى بأبو رواش.

إســم العنصــر	العــام الأول		العــام الثــانى		العــام الثــالث	
	المياه الخام	المياه بعد الترسيب الابتدائى	المياه الخام	المياه بعد الترسيب الإبتدائى	المياه الخام	المياه بعد الترسيب الابتدائى
الكادميوم	٠,٠٦	٠,٠٢	,٠١١	٠,٠٠٨	٠,٢	٠,٠١
الكروم	٥,٩٠	١,٩٥	١,٩٠	٠,٣٣	٣,٦٢	٠,٨٩
الكوبالت	٠,٥١	٠,٢٠	٠,١٣	٠,١٢	٠,٣٠	٠,١٦
الرصاص	٢,٣٧	١,٤٨	٠,٢٦	٠,١٨	١,٠٨	٠,٦٧
المنجنيز	١,٠٠	١,٠٠	٠,٤٠	٠,٣٣	٠,٧٠	٠,٦٧
النيكل	٠,٣٥	٠,٢٦	٠,١٧	٠,١٧	٠,٢٥	٠,٢٢
الزنك	٢,٣٠	٠,٦٧	٠,٣٥	٠,٢٨	١,٤٠	٠,٤٨
الحديد	٣٠,٠	٢٥,٠٠	٥,٦٢	١,٥	١٥,٣٠	١٠,٧
النحاس	٠,٦١	٠,٣٥	٠,١١	٠,٠٧	٠,٤٠	٠,٢٢

وعلى مدى ثلاث سنوات استخدم فيها الرى بالغمر تمت زراعة المحاصيل الصيفية مثل، فول الصويا والسمسم والذرة الشامية، كما تم زراعة أشجار وشجيرات الكافور والكازورينا والأكاسيا والمحاصيل البستانية مثل الموالح بأنواعها والرمان والزيتون بالإضافة إلى الخروع، كانت هذه الزراعات ناجحة ، بالرغم من عدم إضافة أى نوع من الأسمدة ، حيث اكتفى بما تحويه مياه الصرف الصحى من عناصر سمادية مثل النيتروجين والفوسفور ، وبعض العناصر الصغرى مثل الزنك والبورون ، بالإضافة إلى غناها فى المواد العضوية. إلا أن مخلفات الصرف الصحى - كما يتضح من الجدول السابق - تضيف إلى الأرض عناصر ثقيلة بمستويات غير مرغوب فيها.

والجدول التالى (رقم ٣٤) يبين مستوى العناصر الثقيلة لتربة رملية، بمزرعة أبو رواش ، رويت بمياه الصرف الصحى لمدة ثلاثة مواسم زراعية ، والتي تعطى بعض المؤشرات الهامة فى هذا الصدد.

جدول رقم : (٣٤) العناصر النادرة والثقيلة فى أرض أبو رواش كجزء فى المليون .

المعاملات	العمق سم	كادميوم	كوبالت	كروميوم	نحاس	حديد	منجنيز	نيكل	رصاص	زنك
أرض بكر	٠ – ٢٠	,٠٥	١,٦٧	,٠٥	١,١٤	١٢,٥	١,٣٠	,٥٠	١,٨٨	٢,٦٥
	٣٠ – ٦٠	,٠٥	٠٠	,٠٥	١,٣٤	١٢,٢		,٥٠	٦,٥٠	١٥,٣
موسم زراعى واحد	٠ – ٢٠	,١٠	١,٦٧	,١٠	١,٥٥	١١,٤	١٥,٦٠	,٧٤	١,٢٥	٤,٨٥
موسم زراعى واحد	٣٠ – ٦٠	,٠٥	١,٦٧	,٠٥	,٤١	٩,٠١		,٢٥	,٦٣	١,٩٧
موسمين زراعيين	٠ – ٣٠	,١٠	١,٦٧	,١٠	٣,٨٣	٢٩,٧		,٥٠	٣,٧٥	١٢,٩
موسمين زراعيين	٣٠ – ٦٠	,٠٥	١,٦٧	,٠٥	,٥٢	١٥,٢	٢٠,٠٠	,٢٥	,٦٣	٤,٤٧
ثلاث مواسم زراعية	٠ – ٣٠	,١٠	١,٦٧	,١٠	٧,٥٥	٤٦,٤٣		,٩٩	٦,٢٥	٢٢,٢٩
ثلاث مواسم زراعية	٣٠ – ٦٠	,٠٥	١,٦٧	,٠٥	,٦٣	٢٠,٣٢		,٥٠	,٦٣	٧,٠٨
مياه المجارى المعالجة		,٠٢	١,٥٢	٠,٠٣	١,٩٤			,٣٠	,٤٤	١,١٢

يتضح من هذا الجدول ، أن تركيزات عناصر مثل الزنك ، النحاس ، الحديد ، المنجنيز ، قد زادت زيادة واضحة فى الأرض حيث زاد تركيز الزنك من ٣ر٦٥ إلى ٢٢ر٣٩ جزء فى المليون ، والنحاس من١ر١٤ إلى٧ر٥٥ جزء فى المليون فى الطبقة السطحية ، وذلك بعد استخدام الأرض لمدة ثلاث سنوات زراعة، وبالنسبة للحديد فقد زاد من ١٢ر٥٦ الى ٤٦ر٤٣ جزء فى المليون فى نفس الطبقة السطحية أما المنجنيز فقد ازداد تركيزه من ١ر٣ الى ٢٠ جزء فى المليون ، ويعتبر هذا دليلا على تراكم هذه العناصر فى الأرض نتيجة استخدام مياه المجاري فى الرى المستمر ، أما بالنسبة لباقى العناصر بالجدول رقم (٣٤) فلم يطرأ على الكوبالت ، الكروميوم ، النيكل ، الكادميوم أى تغيير ملحوظ . لذا يجب دراسة سلوك العناصر النادرة (زنك ، حديد ، منجنيز، نحاس) فى هذه الأراضى وتأثيرها على المحاصيل المنزرعة بها ، وكذا دراسة كمياتها وحدود سميتها فى هذه الأراضى.

العناصر الثقيلة Heavy metals : هى العناصر التى لها كثافة أكبر من ٥جم/سم٣، وهى فى حالتها الفلزية، وينتمى إليها حوالى ٣٨ عنصراً ، ولكن يهمنا منها اثنا عشر عنصراً يم الكادميوم Cd ، الكوبالت Co ، النحاس Cu ، الحديد Fe، الزئبق Hg ، المنجنيز Mn ، الموليبدنيوم Mo ، النيكل Ni ، الرصاص Pb ، والقصدير Sn ، والزنك Zn.

وكما هو معروف ، فإنه ليس بالضرورة أن يؤدى تراكم هذه العناصر داخل التربة إلى دخولها فى السلسلة الغذائية للإنسان عن طريق النباتات التى تستزرع فى هذه الأراضى ، حيث إن نسبة امتصاص هذه العناصر من التربة تختلف باختلاف الرقم الهيدروجينى (pH) ونسبة المواد العضوية التى قد تدخل معها فى مركبات معقدة ويصعب معه امتصاصها. كما يعتمد على السعة التبادلية للتربة CEC ، وكذا على نوعية النبات الذى يجرى استزراعه Genotype ، كما أنه إذا تم امتصاصها فإن نسبة تراكمها داخل أنسجة النبات تزيد فى الجذور عنها فى الأوراق والتى تزيد هى الأخرى عن الثمار ، وعلى ذلك فإن استمرار تحليل أنسجة النباتات التى تؤكل غاية فى الأهمية.

ومن المشاهدات والدراسات التى أجريت خلال هذه الفترة اتضح أن استخدام مياه المجارى يؤدى إلى ترسيب المواد العالقة على سطح التربة، ويزداد هذا الترسيب من موسم زراعى لاخر . وبتحليل تلك المترسبات وجد أنها مشابهة فى تركيبها لطمى النيل من حيث نسبة الرمل الخشن والناعم ، وكذلك نسبة السلت والطين ، وكربونات الكالسيوم، ولكن تزيد بها نسبة المادة العضوية عشرين مرة بمقارنتها بطمى النيل . ولذا فإن استخدام مياه المجارى فى عمليات الرى يزيد نسبة الحبيبات الناعمة والمادة العضوية بالتربة.

وكنتيجة لحرث هذه الطبقة المترسبة بمنطقة انتشار الجذور أثناء عمليات الخدمة الزراعية وتوالى عمليات الزراعة من موسم لآخر ، فإنها تعمل على تحسين خواص التربة الهيدروفيزيائية والكيميائية حيث تكون معقد امتصاص بالتربة يسهل للنباتات امتصاص العناصر ، كما أن نسبة الأملاح بها متوسطة ولا يخشى منها على المحاصيل المنزرعة، ولكن توالى عمليات الرى قد تسبب ترسب للأملاح ، ولذا يستلزم الأمر عمل شبكة صرف جيدة وعملية غسيل منتظمة للأملاح ولو مرة كل موسم للمحافظة على النظام الملحى بهذه الأرض ، خاصة وأنها رملية ذات مسام واسعة ، ومن السهل غسيل الأملاح التى تتجمع بها ما لم يكن هناك عائق لنفاذ المياه كوجود طبقات صماء (طبقات غير منفذة) تؤدى لتراكم الأملاح على السطح .

وقد أدى استخدام مياه المجارى إلى زيادة السعة التبادلية الكاتيونية ، نظرا لاحتوائها على المواد العالقة (الغروية والعضوية) . أما بالنسبة لطبيعة الكاتيونات المتبادلة فكانت هناك زيادة ملحوظة للكالسيوم مع طول فترة الاستخدام..

٩-٧ ملخص الباب التاسع

* مخلفات الصرف الصحي هى كل ما يتخلف عن نشاط الانسان فى استخدام المياه فى الأغراض المختلفة ، وتبلغ جملتها المتوقعة عام ٢٠٠٠ بحوالى ١٢ مليون متر مكعب يوميا يمكن استخدامها فى زراعة حوالى نصف مليون فدان فى المناطق الصحراوية.
* يتم فى الوقت الحالى التخلص من مخلفات الصرف الصحى بإلقائها فى البحار (بنسبة ٢٨٪ من الكمية الكلية) وحوالى ٢١٪ من الكمية تلقى فى النيل ، وتلقى مثل هذه الكمية فى الأرض، وحوالى ٣٠٪ فى البحيرات والمصارف الزراعية. ويعتبر ذلك اهداراً لمصدر هام يجب إعادة استخدمه فى الزراعة.
* يجب معالجة مخلفات الصرف الصحى السائلة لتقليل مقدار التلوث الميكروبيولوجي، وكذلك خفض محتواها من العناصر الثقيلة والسامة ، وذلك قبل استخدامها فى الزراعة.
* يمكن زراعة المحصولات ، التى لا تؤكل ، فى الأراضى التى تروى بمخلفات الصرف الصحى مثل ، الأشجار الخشبية، والأزهار، ونباتات الزينة ، ونباتات الألياف.
* تسود العناصر الثقيلة السامة فى التركيب الكيميائى للمخلفات ، وخاصة فى المخلفات الخام غير المعالجه . كما تحتوى مخلفات شرق الإسكندرية على أعلى التركيزات من العناصر الثقيلة نتيجة صرف مخلفات النشاط الصناعى بشبكة الصرف الصحى.
* يختلف تأثير التركيز السام للعناصر الثقيلة من عنصر لآخر ، فسمية النحاس ضعف سمية الزنك بينما سمية النيكل ثمانية أضعاف الزنك ويعبر عنها بما يسمى "مكافئ الزنك" .
* لا يجب أن يتعدى مكافئ الزنك للمخلفات المستخدمة فى الزراعة عن ٢٥٠ جزءا فى المليون عند رقم حموضة (pH) ٦,٥ ، أو لايزيد عن ١٠٪ من السعة التبادلية الكاتيونية للأرض.
* يجب اتباع الحدود المسموح بها، من تركيزات العناصر الثقيلة فى مياه المجارى المستخدمه فى الرى ، حتى لايحدث تراكم لهذه العناصر فى التربة والنبات ، كما ظهر من الدراسات العديدة التى أجريت فى مزرعتى الجبل الأصفر وأبو رواش بمصر .

٩-٨ أسئلة الباب التاسع

١- عرف مخلفات الصرف الصحى ، وما هى التقديرات المتوقعة منها فى مصر عام ٢٠٠٠ ؟

٢- ما هى الخصائص الكيميائية الإيجابية والسلبية لمخلفات الصرف الصحى من وجهة النظر الزراعية ؟

٣- ما هو البودريت؟ وفى أى غرض يستخدم ؟

٤- كيف يتم التخلص من مخلفات الصرف الصحى فى الوقت الحالى؟ وما هى الأضرار الناتجة عن ذلك ؟

٥- ما هى النقاط التى يجب مراعاتها عند تداول مخلفات الصرف الصحى فى مجال إصلاح الأراضى الرملية؟

٦- "يختلف التركيب الكيميائى لمخلفات الصرف الصحى اختلافاً كبيرا من منطقة الى أخرى فى مصر" وضح ذلك مستعينا بالأمثلة .

٧- ما هو مكافئ الزنك ؟ وما هى حدوده فى المخلفات المستخدمة فى الزراعة ؟

٨- قارن بين المعايير الكيميائية للاستخدام الزراعى لمخلفات الصرف الصحى فى كل من هولندا وانجلترا ومصر.

٩- عرف العناصر الثقيلة ، وما هو عددها ؟ اذكر أهم العناصر الثقيله الأكثر تواجدا فى البيئة الزراعية.

١٠- اذكر أهم التغيرات الكيميائية التى تحدث فى الأراضى الرملية التي تروى بمخلفات الصرف الصحى .

المراجع

١- **أحمد فؤاد الشريف وآخرون (١٩٨٢)** ."تقرير عن استخدامات الطفلة المصرية فى مجال استصلاح واستزراع الأراضى الرملية " . أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.

٢ - **أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا (١٩٨١)** .تقرير مشروع أثر معالجة مياه المجارى على الخواص الطبيعية والكيماوية والقدرة الإنتاجية للأراضى الزراعية .

٣ - **جمال حمدان (١٩٨٠)** ."شخصية مصر" الجزء الأول(عالم الكتب) .

٤ - **حسن حمدى وآخرون (١٩٨٠)** ."تقرير عن العناصر الصغرى والتركيب المعدنى للأراضى المصرية" .أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.

٥ - **شفيق إبراهيم عبد العال (١٩٨٧)** .أساسيات الأراضى (الجزء الأول) مذكرات لطلبة كليات الزراعة جامعة القاهرة.

٦ - **شفيق إبراهيم عبد العال ، أمين أحمد الراوى (١٩٨١)**."استصلاح وتحسين التربة ... (كتاب) جامعة السليمانية ، العراق .

٧ - **شفيق إبراهيم عبد العال ، رضا رجب شاهين (١٩٨٤)** .تقرير مرحلى عن مشروع استخدام وخدمة الأراضى الجيرية بدرجاتها المختلفة : الصفات المورفولوجية والتركيب المعدنى للأراضى الجيرية وعلاقته بخواص التربة. أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.

٨ - **شفيق إبراهيم عبد العال ، رضا رجب شاهين (١٩٨٦)** .طرق التحليل المينرالوجى - مذكرات للدراسات العليا - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.

٩ - **شفيق إبراهيم عبد العال ، رضا رجب شاهين (١٩٨٨)** .طرق التعرف على المعادن - مذكرات لشعبة الأراضى - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.

١٠- **شفيق إبراهيم عبد العال، رضا رجب شاهين (١٩٩٠)** مينرالوجيا الأراضى - مذكرات لشعبة الأراضى - كلية الزراعة - جامعة القاهرة .

١١- **عبد المنعم بلبع (١٩٨٠)** ."استصلاح وتحسين الأراضى" دار المطبوعات الجديدة.

١٢- **عبد المنعم بلبع (١٩٨٠)** ."خصوبة الأراضى والتسميد" دار المطبوعات الجديدة.

١٣- فوز بوتسكايا ، ترجمة :- أحمد حيدر الزبيدى (١٩٧٧)."كيمياء التربة" دار الحرية للطباعة - بغداد ، العراق .

١٤- محمد ضيف (١٩٨٧) .أساسيات علم الأراضى (الجزء الثالث) مذكرات لطلبة كلية الزراعة - جامعة القاهرة.

١٥- محمد ضيف (١٩٩٠).كيمياء أراضى (١) [كيمياء المركبات العضوية فى الأراضى] مذكرات لشعبة الأراضى - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.

١٦- محمد ضيف (١٩٩٠) .كيمياء أراضى (٢) [الكيمياء المعدنية للأراضى] : مذكرات لشعبة الأراضى - كلية الزراعة -جامعة القاهرة .

١٧- محمد ضيف (١٩٩٠). الكيمياء التحليلية للأراضى والمياه : مذكرات لطلاب الدراسات العليا - كلية الزراعة - جامعة القاهرة.

١٨- مركز النيل للإعلام والتدريب (١٩٨٢) ."ندوة تلوث البيئة" القاهرة من ٢٠/١١ - ١٩٨٢/١١/٢٥.

١٩- مصطفى هلال ، شفيق إبراهيم عبد العال وآخرون (١٩٨٦) ."تقييم التدهور فى إنتاجية الأراضى المروية المرتبط بعوامل تلوث البيئة" تقرير مقدم إلى أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا.

٢٠- هارى بكمان ، نيل برادى (١٩٦٠). " طبيعة الأرض وخواصها" ترجمة : أمين عبد البر ، أحمد جمال عبد السميع ، عبد الحليم الدماطى - الناشر مكتبة الأنجلو المصرية .

21-Abdel - Aal, Sh. I., M.E. Shawky and R. R. Shahin , (1986). Mechanisms of Aggregate Formation by sesquioxides in Sandy Calcareous materials. Egypt. J. Soil Sci. 26 - 107 - 116.

22-Adamson, A.W. (1960) ."Physical Chemistry of Surfaces" Intersciences, N.Y.

23-Alexander, M. (1977). "Introduction to Soil microbiology". 2 nd ed. John Wiley & Sons, N. Y.

24-Baker, D.E. and Dowdy, R.H.(1985) ."Chemistry in the Soil Environment"Published by ASA,SSSA, Madison, U.S.A.

25-Bear, F. (1964). "Chemistry of the Soil" 2 nd . ed. International Student Editions.

26-Buckman, H.O. and Brady, N. (1967)."The Nature and Properties of Soils"Eurasia Publishing House (PVT) LTD.

27-Daif, M.A. (1970). Studies on Soil Conditioners and their effect on Soil properties.M.Sc. Thesis, Soils Dept., Fac. of Agric. Cairo University;Giza , Egypt.

28-Daif, M.A.,(1973). Studies on Soil and Fertilizers Nitrogen. Ph.D. Thesis, Soils Dept., Fac. of Agric., Cairo University, Giza, Egypt.

29-DeBoodt, M. (1972). Symposium on the Fundamentals of Soil Conditioning"Gent. Belgium.

30-Dexter, A.W. (ed). "Modification of Soil Structure" Wiley, N.Y.

31-Dixon, J.B (Ed.). (1977). "Minerals in Soil Environments"Published by ASA,SSSA, Madison USA.

32-Donahue, R.L.; Miller, R.W. and Shickluna, J.C. (1983)."An Introduction to Soils and Plant growth".Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs. N.J.

33-Goldschmidt, V.M. (1958) . "Geochemistry" Oxford Univ. Press, London.

34-Greenland, D.J. and Hayes,M.H. (1978)."The chemistry of Soil Constituents"John Wiley & Sons.

35-Greenland, D.J. and Hayes, M.H. (1981)."The Chemistry of Soil Processes". John Wiley & Sons.

36-Hago M . Abdel Magid, Raafat K. Rabie,Ragaa E.A. Sabrahand Shafik I. Abdel-Aal (1996). The interrelationship between microbial numbers, application rate and biodegradation products of two organic manures in a sandy soil.Arab Gulf J. Scient. Res., 14(3): 641- 657.

37-Hago M. Abdel Magid, Shafik I. Abdel - Aal, raafat K. Rabie & Ragaa E.A. Sabrah (1995) . Chicken manure as a biofertilizer for wheat in the sandy soils of Saudi Arabia. Journal of Arid Environments , 29 : 413-420 .

38-Johnson, L.J. (1979). "Introductory Soil Science" MacMillan, N.Y.

39-Leeper, G.W. (1978). "Managing the Heavy Metals on the Land".Marcel Dekker, N.Y.

40-Mclaren, A.D. and Peterson, G.H. (eds).(1967)."Soil Biochemistry" vol.1.Edward Arnold,London and Marcel Dekker,N.Y.

41-Morcom, R.E.(1971). "Inorganic Chemistry".The English Univ. Press Ltd - London.

42-Mortvedt, J. J. ; Giordano, P.M. and Lindsay, W.L. (1972). "Micronutrients in Agriculture" Published by ASA & SSSA, Madison, USA.

43-Newman, A.C.(1987). "Chemistry of Clays and Clay Minerals"Longman, N.Y.

44-Poljakoff- Mayber, A. and Gale, J.(1975) ."Plants in Saline Environments"Springer - Verlag Pub.

45-Sabrah , R.E.A.; El - Nabi, A.H., Abdel Aal, Sh.I.; Rabie, R.K. and Abdel Magid , H.M. (1993) . Aggregate Characteristics in a sandy soil as Influenced by Organic Manures Application under wheat cultivation. Egypt .G. Appl .- sci ., 8 (2) : 153-170

46-Salinity Laboratory Staff, U.S. (1954). "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils"Agricultural Handbook No.60.

47-Shahin, R.R. (1975). The release of cations from clay minerals as affected by microorganisms.M.Sc. Thesis, Soils Dept., Fac. of Agric. Cairo University,Giza,Egypt .

48-Shahin, R.R. (1980) . Mechanisms involved in aggregate formation in calcareous Soils of Egypt. Ph.D. Thesis, Soils Dept., Fac. of Agric., Cairo University. Giza, Egypt ,

49-Shahin, R,R. and Taha, S.A. (1986). Effect of Long - term irrigation with sewage effluents on the status of some heavy metals in Al- Gabal Al - Asfar sewage farm (Egypt). J.Agric. Sci. Mansoura Univ. 11 (3) : 1298-1304.

50-Russell,E.W.(1978). "Soil Conditions and Plant Growth" 10 th. Edition, Longman.

51-Thompson, L.M. and Troeh, F.R. (1982)."Soils and Soil Fertility"McGraw - Hill Publishing Company LTD.

تم بحمد الله وتوفيقه

المؤلفون